

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-050627

(43)Date of publication of application : 18.02.2000

---

(51)Int.CI. H02M 3/28

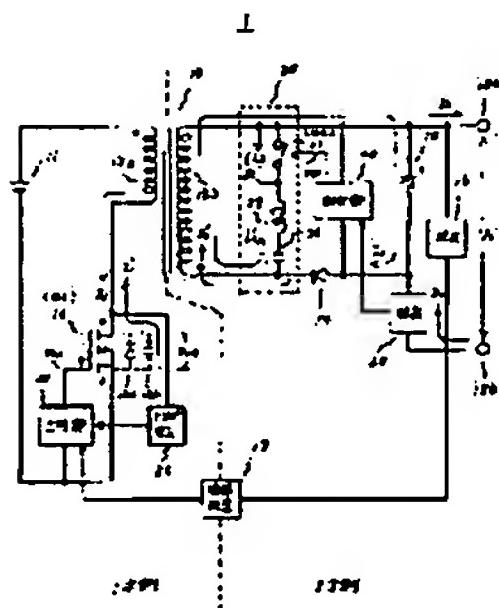
---

(21)Application number : 10-214954 (71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 30.07.1998 (72)Inventor : OKA TOSHIYUKI  
SASAKI MASATO

---

## (54) SWITCHING POWER SUPPLY DEVICE



### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve a switching loss and switching noise caused by the charges accumulated in parasitic capacity which is in a short-circuit condition, when a main switching element in a switching power supply device is on.

**SOLUTION:** This switching power supply device 1 consists of a main switching element 12, which on-off controls input voltage, a transformer 13 formed with at least a first winding 13a and a second winding 13b, a main switching element 12 connected to the first winding 13a of the transformer 13, a rectifying and

smoothing circuit connected to the second winding 13b of the transformer 13, and a main controller 20 which on-off controls the main switching element 12 so that its output remains constant. Furthermore, a sub switching part 30 including a sub switching element 31 and a capacitor 34 is provided, charges accumulated in the capacitor 34 of a sub switch part 30 are supplied to the main switching element 12 via the transformer 13 by controlling the sub switching element 31, and the operation of pulling out the charges of the parasitic capacity of the main switching element 12 is included.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The main switching element which carries out on-off control of the input voltage, and the transformer equipped with the primary [ at least ] coil and the secondary coil, This main switching element is connected to the primary coil of a transformer. To the secondary coil of a transformer A rectification smoothing circuit, In switching power supply equipment equipped with the main control section which carries out on-off control of this main switching element so that the output of this rectification smoothing circuit may become fixed The charge which has the subswitch section containing a subswitching element and a capacitor, controlled the subswitching element, and was stored in the capacitor of this subswitch section is supplied to this main switching element through this transformer. Switching power supply equipment characterized by including the actuation which samples the charge of the parasitic capacitance of this main switching element.

[Claim 2] In switching power supply equipment according to claim 1, the subswitch section and the sub control section are connected to the secondary coil of said transformer. Said subswitch section consists of a configuration that the circuit where series connection of a capacitor and the inductor was carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out was connected. As for this sub control section, said main switching element stores a charge in this capacitor of this subswitch section at

the time of ON. Switching power supply equipment characterized by making it operate so that the charge of the parasitic capacitance of the main switching element may be sampled with this charge of said capacitor through this transformer at a period until the main switching element turns on.

[Claim 3] Said transformer is equipped with the auxiliary winding for sub control in switching power supply equipment according to claim 1. Said subswitch section and said sub control section are connected to juxtaposition at this auxiliary winding of said transformer, respectively. Said subswitch section consists of a configuration that the circuit where series connection of a capacitor and the inductor was carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out was connected. A charge is stored in the capacitor of said subswitch section at a period until said main switching element turns on. After the excitation energy accumulated in the transformer was emitted at the time of OFF of said main switching element, Make a subswitching element turn on and the charge currently stored in said capacitor is impressed to the auxiliary winding for sub control of a transformer. Switching power supply equipment characterized by coming to prepare for a period until said main switching element turns on the charge of the parasitic capacitance of the main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer the sub control section controlled to sample.

[Claim 4] Said transformer is equipped with a primary coil, a secondary coil, and the auxiliary winding for charge in switching power supply equipment according to claim 1. The capacitor and the diode for charge of said subswitch section are connected to this auxiliary winding for charge. Said subswitch section and said sub control section are connected to the secondary coil of said transformer at juxtaposition, respectively. Series connection of the capacitor is carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out to said subswitch section. A charge is stored in the capacitor of said subswitch section at the time of OFF of said main switching element. After the excitation energy accumulated in the transformer is emitted, make a

subswitching element turn on and the charge currently stored in said capacitor is impressed to the secondary coil of a transformer. Switching power supply equipment characterized by coming to prepare for a period until the main switching element turns on the charge of the parasitic capacitance of said main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer the sub control section controlled to sample.

[Claim 5] Said transformer is equipped with a primary coil, a secondary coil, the auxiliary winding for sub control, and the auxiliary winding for charge in switching power supply equipment according to claim 1. Said subswitch section and said sub control section are connected to juxtaposition at this auxiliary winding for sub control, respectively. The capacitor and the diode for charge of said subswitch section are connected to this auxiliary winding for charge. Said subswitch section consists of a configuration that the circuit where series connection of a capacitor and the diode was carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out was connected. A charge is stored in the capacitor of said subswitch section at the time of OFF of said main switching element. After the excitation energy accumulated in the transformer is emitted, the charge which was made to turn on a subswitching element and was stored in this capacitor is impressed to the auxiliary winding for control of a transformer. Switching power supply equipment characterized by coming to prepare for a period until the main switching element turns on the charge of the parasitic capacitance of the main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer the sub control section controlled to sample.

[Claim 6] It is switching power supply equipment which equips the rectification smoothing circuit side of the secondary output section of said transformer with the detecting element for detecting the load current in switching power supply equipment according to claim 2 or 4, and is characterized by said sub control section always considering the subswitching element of the sub control section as off control when there is little this load current.

[Claim 7] The detecting element for detecting said load current in switching

power supply equipment according to claim 6 is switching power supply equipment characterized by coming to consist of circuits which used the comparator.

[Claim 8] It is switching power supply equipment which equips the primary coil side of this transformer with the detecting element for detecting the primary current which flows through the primary coil and the main switching element of said transformer in switching power supply equipment according to claim 3 or 5, and is characterized by said sub control section always considering the subswitching element of the sub control section as off control when there are few these primary currents.

[Claim 9] The detecting element for detecting the primary current which flows through the primary coil and the main switching element of said transformer in switching power supply equipment according to claim 8 is switching power supply equipment characterized by coming to consist of circuits which used the comparator.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the switching power supply equipment which supplies a direct-current stabilization electrical potential difference to industrial use or a noncommercial device.

[0002]

[Description of the Prior Art] The block circuit diagram in which drawing 11 shows the rough configuration of the switching power supply equipment of the conventional example, and drawing 12 are the explanatory views showing the wave of the switching power supply equipment of the conventional example of operation. Hereafter, a Prior art is explained using drawing 11 and drawing 12 .

[0003] The switching power supply equipment 100 of the conventional example of drawing 11 consists of the following configurations. DC power supply 101 are the raw DC power supply obtained by carrying out rectification smooth [ of the AC power supply ], and are the input power of switching power supply equipment 100. DC power supply 101 are supplied to primary coil 104a of a transformer 104 through the main switching element 103. The main switching element 103 is constituted from an MOSFET, on-off control is carried out by the on-off signal of the main control section 102 impressed to the gate, the input voltage from DC power supply 101 is impressed to primary coil 104a, or it intercepts it. The parasitism diode with which 103a is parasitic between the drain sources of the main switching element 103, and 103b express the parasitic capacitance which is parasitic between the drain sources. After being rectified by rectifier diode 105, smooth [ of the induced voltage of secondary coil 104b ] is carried out by the smoothing capacitor 106, and it is outputted from output terminals 109a and 109b as output voltage.

[0004] Moreover, a detecting element 107 is fed back to the main control section 102 through the insulating transfer section 108 by making a comparison result into a comparison signal as compared with reference voltage in said output voltage. Based on the comparison signal from a detecting element 107, the main

control section 102 is controlling the "on" period of the main switching element 103, and is stabilizing output voltage. The insulating transfer section 108 transmits the comparison signal from a detecting element 107 to the main control section 102 while insulating the primary coil 104a [ of a transformer 104 ], and secondary coil 104b side. That is, switching power supply equipment 100 is divided into the primary coil 104a and secondary coil 104b side (primary side) (secondary) by a transformer 104 and the insulating transfer section 108. Actuation of the switching power supply equipment 100 constituted like drawing 11 R> 1 is further explained to a detail using the wave form chart of drawing 12 of operation.

[0005] By the following explanation, the main switching element 103 is marked as "switching element QA." In drawing 12 , the primary coil 104a side primary current  $I_1$  of a transformer 104 and (c) take gate voltage  $VG_1$  of switching element QA for each wave of secondary coil 104b side current [ secondary ]  $I_2^{**}$  of a transformer 104, (d) takes a time-axis common to an axis of abscissa, and (a) is expressed for the electrical potential difference  $VDS$  between the drain sources of switching element QA, and (b).

[0006] It explains along with each time-axis.

(1) Actuation between tperiod  $t_{0-1}$  (QA ON)

With the ON signal from the main control section 102, gate voltage  $VG_1$  of switching element QA is set to "H", switching element QA turns on, and the electrical potential difference  $VDS$  between the drain sources is zero mostly. When the input voltage supplied from DC power supply 101 is impressed to primary coil 104a of a transformer 104 and switching element QA turns on, the primary current  $I_1$  flows to primary coil 104a of a transformer 104, magnetic flux occurs to a transformer 104, and energy is accumulated. Although induced voltage occurs in secondary coil 104b of a transformer 104 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 105, the secondary coil 104b side secondary current  $I_2$  of a transformer 104 does not flow.

[0007] (2) Actuation between tperiod t1-2 (QA OFF)

With the off signal from the main control section 102, gate voltage VG1 of switching element QA is set to "L", switching element QA turns off and, in the electrical potential difference VDS between the drain sources, "H" and said primary current I1 serve as zero. Since an electrical potential difference is impressed in the direction which induced voltage occurs also in said secondary coil 104b, and carries out forward bias of the rectifier diode 105 at the same time induced voltage occurs in said primary coil 104a, when switching element QA turns off, After the energy accumulated in the transformer 104 is emitted as a secondary current I2 through said secondary coil 104b and is rectified by rectifier diode 105, smooth is carried out by the smoothing capacitor 106, and output terminals 109a and 109b are supplied as output voltage VO. the energy accumulated in the transformer 104 emits -- having -- \*\* -- if the secondary current I2 which is not decreases and becomes zero at time of day t2, the induced voltage of said primary coil 104a and secondary coil 104b of it will be lost. At this time, with the ON signal from the main control section 102, gate voltage VG1 of switching element QA is set to "H", switching element QA is turned on again, it is that actuation of the above (1) and (2) is repeated, and output voltage VO is continuously supplied to output terminals 109a and 109b.

[0008] Moreover, in drawing 12 , a continuous line shows the electrical-potential-difference value at the time of the so-called heavy loading, and a current value in the time of the output current IO flowing out mostly from output terminals 109a and 109b, and the dotted line shows the electrical-potential-difference value at the time of the so-called light load, and the current value in the time of the output current IO flowing out few from output terminals 109a and 109b. A detecting element 107 compares output voltage VO with reference voltage, and feeds it back to the main control section 102 through the insulating transfer section 108 by making a comparison result into a comparison signal. The main control section 102 is long based on said comparison signal at the time of heavy loading in the "on" period (between tperiod t0-1) of switching element QA, even if the

input voltage from DC power supply 101 and the output current IO carry out a fluctuation pair by controlling, the "on" period (between tperiod t0-1) of switching element QA changes, and output voltage VO is always kept constant, so that it may become short at the time of a light load.

[0009] Generally, switching power supply equipment 100 can miniaturize a transformer 104 and a smoothing capacitor 106 as the switching frequency of switching element QA becomes high. Therefore, in order to make switching power supply equipment 100 small, the further RF-ization of a switching frequency is required. However, if a switching frequency is raised, while the switching loss of switching element QA and rectifier diode 105 will increase, a switching noise occurs in a high frequency band, and generation of heat and a noise failure pose a big problem. Especially, since the charge which the charge was stored at the time of OFF of switching element QA, and was stored in parasitic capacitance 103b at the time of ON of switching element QA short-circuits, it becomes the biggest loss and generating of a noise at parasitic capacitance 103b of switching element QA. Then, from the former, before switching element QA turns on, the method which draws out the charge stored in parasitic capacitance 103b by resonance, i.e., "the partial resonance circuit method by secondary regeneration", is proposed.

[0010] Hereafter, the above-mentioned "partial resonance circuit method by secondary regeneration" is explained using drawing 13 and drawing 14 .

[0011] The block circuit diagram and drawing 14 which show the rough configuration of the switching power supply equipment of the conventional example of others [ drawing 13 ] are the explanatory view showing the wave of the switching power supply equipment of other conventional examples of operation. The switching power supply equipment 120 of other conventional examples shown in drawing 13 consists of the following configurations. When the same notation is attached to the same part as drawing 11 explained previously, as compared with drawing 11 , rectifier diode 105 is deleted and it differs in that the delay section 110, the insulating transfer section 111, the subswitching

element 112, and the sub control section 113 are added.

[0012] DC power supply 101 are the raw DC power supply obtained by carrying out rectification smooth [ of the AC power supply ], and are the input power of switching power supply equipment 120. DC power supply 101 are supplied to primary coil 104a of a transformer 104 through the main switching element 103. The main switching element 103 consists of MOSFETs, on-off control is carried out by the on-off signal of the main control section 102 impressed to the gate through the delay section 110, the input voltage from DC power supply 101 is impressed to primary coil 104a, or it intercepts it. The parasitism diode with which 103a is parasitic between the drain sources of the main switching element 103, and 103b express the parasitic capacitance which is parasitic between the drain sources. Smooth [ of the subswitching element 112 ] is carried out by the smoothing capacitor 106 at the time of ON, and the induced voltage of secondary coil 104b is outputted from output terminals 109a and 109b as output voltage. The subswitching element 112 consists of MOSFETs. [0013] Moreover, said output voltage is fed back to a detecting element 107 to a comparison result by the main control section 102 through the insulating transfer section 108 as compared with reference voltage as a comparison signal. Based on the comparison signal from a detecting element 107, the main control section 102 is controlling the "on" period of the main switching element 103, and is stabilizing output voltage. Moreover, the main control section 102 sends out the on-off signal of the subswitching element 112 to the sub control section 113 through the insulating transfer section 111, and the sub control section 113 controls turning on and off of the subswitching element 112 based on the on-off signal from the main control section 102. While the insulating transfer sections 108 and 111 insulate the primary coil 104a [ of a transformer 104 ], and secondary coil 104b side, the insulating transfer section 108 transmits the comparison signal from a detecting element 107 to the main control section 102, and the insulating transfer section 111 transmits the on-off signal from the main control section 102 to the sub control section 113. That is, switching power supply equipment 120 is

divided into the primary coil 104a and secondary coil 104b side (primary side) (secondary) by a transformer 104 and the insulating transfer sections 108 and 111.

[0014] Actuation of the switching power supply equipment 120 constituted like drawing 13 is further explained to a detail using the wave form chart of drawing 14 of operation.

[0015] By the following explanation, the main switching element 103 is marked as "switching element QA", and the subswitching element 112 is marked as "a switching element QB." drawing 1414 -- setting -- (a) -- gate voltage VG1 of switching element QA and (d) take the secondary coil 104b side secondary current I2 of a transformer 104 for each wave of gate voltage VG2\*\* of a switching element QB, (e) takes a time-axis common to an axis of abscissa, and the electrical potential difference VDS between the drain sources of switching element QA and (b) are expressed for the primary coil 104a side primary current I1 of a transformer 104, and (c).

[0016] It explains along with each time-axis.

(1) Actuation between tperiod t0-1 (QA ON, QB OFF)

Gate voltage VG1 of switching element QA is set to "H" with the ON signal from the main control section 102, switching element QA turns on, and the electrical potential difference VDS between the drain sources is zero mostly. When the input voltage supplied from DC power supply 101 is impressed to primary coil 104a of a transformer 104 and switching element QA turns on, the primary current I1 flows to primary coil 104a of a transformer 104, magnetic flux occurs to a transformer 104 and energy is accumulated in it. Although induced voltage occurs in secondary coil 104b of a transformer 104 at this time, since the switching element QB turns off, the secondary coil 104b side secondary current I2 of a transformer 104 does not flow.

[0017] (2) Actuation between tperiod t1-2 (QA OFF, QB ON)

Gate voltage VG1 of switching element QA is set to "L" with the off signal from the main control section 102, switching element QA turns off and, in the electrical

potential difference VDS between the drain sources, "H" and said primary current I1 serve as zero. Induced voltage occurs also in said secondary coil 104b at the same time induced voltage occurs in said primary coil 104a, when switching element QA turns off. Since the switching element QB is turned on with the ON signal from the sub control section 113 at time of day t1, the energy accumulated in the transformer 104 is emitted as a secondary current I2 through said secondary coil 104b, and smooth [ of it ] is carried out by the smoothing capacitor 106, and it is supplied to output terminals 109a and 109b as output voltage VO. the energy accumulated in the transformer 104 emits -- having -- \*\* -- if the secondary current I2 which is not decreases and becomes zero at time of day t2, the induced voltage of said primary coil 104a and secondary coil 104b of it will be lost.

[0018] (3) Actuation between tperiod t2-3 (QA OFF, QB ON)

If all the energy accumulated in the transformer 104 is emitted and the secondary current I2 becomes zero at time of day t2, since the both-ends electrical potential difference VO of a smoothing capacitor 106, i.e., output voltage, is impressed to said secondary coil 104b through the already turned-on switching element QB, secondary current I2' flows from a smoothing capacitor 106 to the above (2) and hard flow, the magnetic flux of hard flow will generate the above to a transformer 104, and energy will be accumulated in it. In this condition, the polarity of the induced voltage generated in each coil of a transformer 104 does not change.

[0019] (4) Actuation between tperiod t3-4 (QA OFF, QB OFF)

Gate voltage VG2 of a switching element QB is set to "L" with the off signal from the sub control section 113 at time of day t3, and a switching element QB turns off. If a switching element QB turns off, in order that the polarity of the induced voltage which said secondary current I2' becomes zero, and is generated in each coil of a transformer 104 may be reversed, In the induced voltage of primary coil 104a of a transformer 104 Since it generates in the direction which makes the end connection of DC power supply 101 a forward electrical potential difference, and makes the end connection of switching element QA a negative electrical

potential difference, Primary current  $I1'$  flows in the direction which draws out the charge which accumulated in parasitic capacitance 103b of switching element QA (it is made to discharge), the charge of parasitic capacitance 103b follows on being emitted, and primary current  $I1'$  decreases and becomes zero at time of day  $t4$ . At this time, gate voltage  $VG1$  of switching element QA is set to "H" with the ON signal from the main control section 102, switching element QA is turned on again, it is that actuation of (4) is repeated from the above (1), and output voltage  $VO$  is continuously supplied to output terminals 109a and 109b.

Moreover, after a switching element QB turns off the delay section 110 at time of day  $t3$ , it is delayed till time of day  $t4$ , and it operates so that switching element QA may be made to turn on.

[0020] In order that switching element QA may switch so that it may become ON when the charge which always accumulated in parasitic capacitance 103b is drawn out and the electrical potential difference  $VDS$  between the drain sources of switching element QA becomes zero as explained above, the switching loss and the switching noise by the charge with which switching element QA which was the trouble of the switching power supply equipment shown in said drawing 11 accumulated in parasitic capacitance 103b at the time of ON short-circuiting are canceled.

[0021]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the switching power supply equipment of these Prior arts had the following troubles.

[0022] In the switching power supply equipment which adopted the "partial resonance circuit method by secondary regeneration" shown in said drawing 13 , the mass switching element which opens and closes a high current is required for the subswitching element of a transformer secondary, and the drive loss by the gate capacitance of a switching element increasing produces it. Moreover, when the period (period when secondary current  $I2'$  flows among tperiod  $t2-3$  of drawing 14 ) of reverse excitation is prolonged, big regeneration loss (mainly core loss) arises. Moreover, the cost of the mass switching element which opens

and closes a high current is high.

[0023]

[Means for Solving the Problem] The switching power supply equipment of this invention according to claim 1 The main switching element which carries out on-off control of the input voltage, and the transformer equipped with the primary [ at least ] coil and the secondary coil, This main switching element is connected to the primary coil of a transformer. To the secondary coil of a transformer A rectification smoothing circuit, In switching power supply equipment equipped with the main control section which carries out on-off control of this main switching element so that the output of this rectification smoothing circuit may become fixed The charge which has the subswitch section containing a subswitching element and a capacitor, controlled the subswitching element, and was stored in the capacitor of this subswitch section is supplied to this main switching element through this transformer. It is characterized by including the actuation which samples the charge of the parasitic capacitance of this main switching element.

[0024] Moreover, the switching power supply equipment of this invention according to claim 2 The subswitch section and the sub control section are connected to the secondary coil of said transformer. Said subswitch section consists of a configuration that the circuit where series connection of a capacitor and the inductor was carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out was connected. As for this sub control section, said main switching element stores a charge in this capacitor of this subswitch section at the time of ON. It is characterized by making it operate so that the charge of the parasitic capacitance of the main switching element may be sampled with this charge of said capacitor through this transformer at a period until the main switching element turns on.

[0025] Moreover, the switching power supply equipment of this invention according to claim 3 Said transformer is equipped with the auxiliary winding for sub control, and said subswitch section and said sub control section are

connected to juxtaposition at this auxiliary winding of said transformer, respectively. Said subswitch section consists of a configuration that the circuit where series connection of a capacitor and the inductor was carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out was connected. A charge is stored in the capacitor of said subswitch section at a period until said main switching element turns on. After the excitation energy accumulated in the transformer was emitted at the time of OFF of said main switching element, make a subswitching element turn on and the charge currently stored in said capacitor is impressed to the auxiliary winding for sub control of a transformer. It is characterized by coming to prepare for a period until said main switching element turns on the charge of the parasitic capacitance of the main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer the sub control section controlled to sample.

[0026] Moreover, the switching power supply equipment of this invention according to claim 4 Said transformer is equipped with a primary coil, a secondary coil, and the auxiliary winding for charge, and the capacitor and the diode for charge of said subswitch section are connected to this auxiliary winding for charge. Said subswitch section and said sub control section are connected to the secondary coil of said transformer at juxtaposition, respectively. Series connection of the capacitor is carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out to said subswitch section. A charge is stored in the capacitor of said subswitch section at the time of OFF of said main switching element. After the excitation energy accumulated in the transformer is emitted, make a subswitching element turn on and the charge currently stored in said capacitor is impressed to the secondary coil of a transformer. It is characterized by coming to prepare for a period until the main switching element turns on the charge of the parasitic capacitance of said main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer the sub control section controlled to sample.

[0027] Moreover, the switching power supply equipment of this invention

according to claim 5 Said transformer is equipped with a primary coil, a secondary coil, the auxiliary winding for sub control, and the auxiliary winding for charge. Said subswitch section and said sub control section are connected to juxtaposition at this auxiliary winding for sub control, respectively. The capacitor and the diode for charge of said subswitch section are connected to this auxiliary winding for charge. Said subswitch section consists of a configuration that the circuit where series connection of a capacitor and the diode was carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out was connected. A charge is stored in the capacitor of said subswitch section at the time of OFF of said main switching element. After the excitation energy accumulated in the transformer is emitted, the charge which was made to turn on a subswitching element and was stored in this capacitor is impressed to the auxiliary winding for control of a transformer. It is characterized by coming to prepare for a period until the main switching element turns on the charge of the parasitic capacitance of the main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer the sub control section controlled to sample.

[0028] Moreover, the switching power supply equipment of this invention according to claim 6 equips the rectification smoothing circuit side of the secondary output section of said transformer with the detecting element for detecting the load current, and it is characterized by said sub control section always considering the subswitching element of the sub control section as off control, when there is little this load current.

[0029] Moreover, it is characterized by the detecting element for the switching power supply equipment of this invention according to claim 7 detecting said load current consisting of circuits which used the comparator.

[0030] Moreover, the switching power supply equipment of this invention according to claim 8 equips the primary coil side of this transformer with the detecting element for detecting the primary current which flows through the primary coil and the main switching element of said transformer, and it is characterized by said sub control section always considering the subswitching

element of the sub control section as off control, when there are few these primary currents.

[0031] Furthermore, it is characterized by the detecting element for the switching power supply equipment of this invention according to claim 9 detecting the primary current which flows through the primary coil and the main switching element of said transformer consisting of circuits which used the comparator.

[0032]

[Embodiment of the Invention] [Gestalt of the 1st operation] drawing 1 - drawing 3 are drawings about the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention, and are related with claim 1, claim 2, claim 6, and claim 7 of a claim. The block circuit diagram in which drawing 1 R> 1 shows the rough configuration of the switching power supply equipment of this invention, the example of a circuit diagram of the switching power supply equipment of this invention with detailed drawing 2 , and drawing 3 are the explanatory views showing the wave of the switching power supply equipment of this invention of operation.

[0033] The switching power supply equipment 1 of this invention of drawing 1 consists of the following configurations. In drawing 1 , a transformer 13 consists of primary coil 13a and secondary coil 13b. In the so-called direct-current-voltage input side, series connection of the main switching element 12 (Q1) and DC power supply 11 is carried out to primary coil 13a, and the primary coil 13a side of a transformer 13 constitutes one loop formation. And the main control section 20 and the trigger signal generating section 80 which control the main switching element 12 (Q1) are arranged.

[0034] Moreover, in the so-called rectification output side, parallel connection of the subswitch section 30, the sub control section 40, and the smoothing capacitor 15 is carried out, and the direct current voltage controlled from output terminals 18a and 18b is outputted to secondary coil 13b by the secondary coil 13b side of a transformer 13. Moreover, between the subswitch section 30 and a smoothing capacitor 15, it has the composition that rectifier diode 14 is connected. The

subswitch section 30 becomes the parallel connection of the subswitching element 31 (Q2) and diode 32 from the circuit where series connection of an inductor 33 and the capacitor 34 for charges was carried out. Next, actuation of each circuit is explained.

[0035] DC power supply 11 are the raw DC power supply obtained by carrying out rectification smooth [ of the AC power supply ], and are the input power of switching power supply equipment 1. DC power supply 11 are supplied to primary coil 13a of a transformer 13 through the main switching element 12 (Q1). The main switching element 12 consists of MOSFETs, and on-off control is carried out by the on-off signal of the main control section 20 impressed to the gate, and it carries out actuation which impresses the input voltage from DC power supply 11 to primary coil 13a, or intercepts it. Parasitism diode and parasitic capacitance exist in the main switching element 12 (Q1), and the parasitic capacitance which is parasitic between 12a and the drain source in the parasitism diode which is parasitic between the drain sources of the main switching element 12 is displayed on it as 12b.

[0036] Rectification smooth [ of the induced voltage of secondary coil 13b ] is carried out by rectifier diode 14 and the smoothing capacitor 15, and it is outputted from output terminals 18a and 18b as output voltage.

[0037] Said output voltage is fed back to a detecting element 16 to a comparison result by the main control section 20 through the insulating transfer section 17 as a comparison signal as compared with reference voltage. Based on the comparison signal from a detecting element 16, the main control section 20 is controlling the "on" period of the main switching element 12, and is stabilizing output voltage.

[0038] The insulating transfer section 17 is in the condition which insulated the primary coil 13a [ of a transformer 13 ], and secondary coil 13b side, and transmits the comparison signal of the detecting element 16 by the side of secondary coil 13b of a transformer 13 to the main control section 20 currently arranged in the primary coil 13a side of a transformer 13. Namely, as for

switching power supply equipment 1, the primary coil 13a and secondary coil 13b side (primary side) (secondary) is electrically separated by a transformer 13 and the insulating transfer section 17.

[0039] The sub control section 40 performs control which samples the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 at the time of OFF of the main switching element 12. That is, after the excitation energy with which the main switching element 12 was accumulated in the transformer 13 at the time of OFF of the main switching element 12 in the charge stored in the capacitor 34 for charges of the subswitch section 30 at the time of ON is emitted, the subswitching element 31 is made to turn on and it is impressed by secondary coil 13b of a transformer 13, and it operates with the induced voltage of primary coil 13a of a transformer 13 so that the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 may be sampled.

[0040] The subswitching element 31 detects the induced voltage of primary coil 13a of the transformer 13 at the time of ON, and the trigger signal generating section 80 generates the trigger signal for making the main control section 20 turn on the main switching element 12.

[0041] In the condition (the electrical potential difference VDS between the drain sources is a zero state) that there is no charge collected on parasitic capacitance 12b the above-mentioned result, since the main switching element 12 is turned on, generating of switching loss and generating of a switching noise are canceled.

[0042] In the above-mentioned switching power supply equipment 1, when there is little load current, the charge and discharge of the capacitor 34 for charges affect it greatly to loss of a transformer 13. Moreover, if the "on" period of the main switching element 12 becomes shorter than the resonance period of the capacitor 34 for charges, and an inductor 33, since the amount of the charge with which the electrical potential difference impressed to the capacitor 34 for charges falls, and the capacitor 34 for charges is covered will be in the condition which is not enough to sample the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12, the case where the electrical potential difference VDS

between the drain sources of the main switching element 12 does not become zero occurs.

[0043] Then, the detecting element 60 currently arranged in the secondary coil 13b side of a transformer 13 detects the load current, and when there is little load current (at the time of a light load), it generates a detecting signal for the sub control section 40 to make the subswitching element 31 always off.

[0044] Actuation of the switching power supply equipment 1 constituted like drawing 1 is further explained to a detail using the wave form chart of drawing 3 of operation. By the following explanation, the main switching element 12 is marked as "a switching element Q1", and the subswitching element 31 is marked as "a switching element Q2." In drawing 3 (a) The electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 (b) gate voltage VG1 of a switching element Q1, and (d) for the primary coil 13a side primary current I1 of a transformer 13, and (c) The primary coil 13a side primary electrical potential difference VH of a transformer 13, The secondary coil 13b side secondary current I2 of a transformer 13 and (g) take gate voltage VG2 of a switching element Q2 for each wave of electrical-potential-difference VC\*\* of the capacitor 34 for charges, (h) takes a time-axis common to an axis of abscissa, and (e) is expressed for the trigger signal electrical potential difference VTR of the trigger signal generating section 80, and (f). Moreover, gate voltage VG1 turns off a switching element Q1, when ON and gate voltage VG1 are "L" (a low or electrical-potential-difference value below a certain value) at the time of "H" (yes, electrical-potential-difference value of a certain height), and the switching element Q2 is constituted so that it may turn off, when gate voltage VG2 is "L" and ON and gate voltage VG2 are "H."

[0045] It explains along with a time-axis.

(1) Actuation by time of day t0 (Q1 ON, Q2 OFF)

By control of the main control section 20, gate voltage VG1 of a switching element Q1 is "H", a switching element Q1 is turned on, and the electrical potential difference VDS between the drain sources is zero mostly. When the

input voltage supplied from DC power supply 11 is impressed to primary coil 13a of a transformer 13 and the switching element Q1 turns on, it flows in the direction of the arrow head with which the primary current I1 is shown in primary coil 13a of a transformer 13 at drawing 1 , magnetic flux occurs to a transformer 13, and energy is accumulated. Although induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 14, the secondary current I2 by the side of secondary coil 13b of a transformer 13 does not flow.

[0046] (2) Actuation between tperiod t0-1 (Q1 OFF, Q2 OFF)

At time of day t0, the main control section 20 sets gate voltage VG1 of a switching element Q1 to "L", a switching element Q1 turns off, and, in the electrical potential difference VDS between the drain sources, "H" and said primary current I1 serve as zero. At the same time induced voltage (- and hard flow) occurs in said primary coil 13a, when a switching element Q1 turns off Since an electrical potential difference is impressed in the direction which induced voltage (- and hard flow) occurs also in said secondary coil 13b, and carries out forward bias of the rectifier diode 14, Through said secondary coil 13b, energy accumulated in the transformer 13 is emitted as a secondary current I2 (flowing in the direction of the arrow head shown in drawing 1 ), and smooth is carried out with a smoothing capacitor 15, and it is supplied to output terminals 18a and 18b as output voltage VO. The energy accumulated in the transformer 13 follows on being emitted, and if the secondary current I2 decreases for a time and becomes zero at time of day t1, the induced voltage of said primary coil 13a and secondary coil 13b of it will be lost.

[0047] (3) Actuation between tperiod t1-2 (Q1 OFF, Q2 ON)

If all the energy accumulated in the transformer 13 is emitted and the secondary current I2 becomes zero at time of day t1, the sub control section 40 sets gate voltage VG2 of a switching element Q2 to "L", and a switching element Q2 turns

it on. If a switching element Q2 turns on, since the charge with which the both-ends electrical potential difference of the capacitor 34 for charges was impressed to said secondary coil 13b, and was stored in the capacitor 34 for charges will be emitted, Since induced voltage (the direction of -) occurs also in primary coil 13a at the same time secondary current I<sub>2'</sub> flows in the above (2) and this direction from the capacitor 34 for charges and induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13, Primary current I<sub>1'</sub> flows in the direction which draws out the charge collected on parasitic capacitance 12b of a switching element Q1 (it is made to discharge), the charge of parasitic capacitance 12b follows on being emitted, and the electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 falls, and becomes zero.

[0048] (4) Actuation between tperiod t2-3 (Q1 ON, Q2 ON)

The trigger signal generating section 80 detects the induced voltage (the direction of -) generated in primary coil 13a of the transformer 13 in the above (3), generates the trigger signal for making the main control section 20 turn on a switching element Q1, and turns on a switching element Q1. The charge with which the switching element Q1 had collected on parasitic capacitance 12b at the time of ON since a switching element Q1 was turned on after the charge of parasitic capacitance 12b is emitted and the electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 becomes zero short-circuits, it is in a condition without a charge, and since a switching element Q1 is turned on, generating of switching loss and generating of SUITCHINGUNOIZU are canceled.

[0049] Induced voltage (the direction of -) occurs also in secondary coil 13b at the same time a switching element Q1 turns on, a primary current flows to primary coil 13a of a transformer 13 and induced voltage (the direction of -) occurs in primary coil 13a of a transformer 13. The sub control section 40 detects the induced voltage (the direction of -) of secondary coil 13b, and turns off a switching element Q2. Moreover, since the induced voltage (the direction of -) of

secondary coil 13b is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 14, and carries out forward bias of the diode 32, through diode 32 and an inductor 33, secondary current  $i_2'$  flows and it charges the capacitor 34 for charges. The inductor 33 makes the electrical potential difference impressed to the capacitor 34 for charges the electrical potential difference high more than twice by resonance with the capacitor 34 for charges compared with the case where there is no inductor 33.

[0050] (5) Actuation between tperiod t3-4 (Q1 ON, Q2 OFF)

Secondary current  $i_2'$  decreases and becomes zero at time of day  $t_4$  as an electrical potential difference is impressed in the direction in which the induced voltage (the direction of -) of secondary coil 13b of a transformer 13 carries out the reverse bias of the rectifier diode 14, and carries out forward bias of the diode 32, secondary current  $i_2'$  flows through diode 32 and an inductor 33 and the capacitor 34 for charges is charged. Actuation of (5) is henceforth repeated from the above (1).

[0051] Drawing 2 is the detailed example of a circuit diagram of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 1st of the switching power supply equipment of this invention, and explains the configuration and actuation of the sub control section 40, a detecting element 60, and the trigger signal generating section 80 below.

[0052] The sub control section 40 consists of the following configurations. When a charge is stored in the capacitor 34 for charges of the subswitch section 30 at the time of main switching element 12 ON and the main switching element 12 (Q1) turns off Since an electrical potential difference is impressed in the direction which induced voltage (- and hard flow) occurs in primary coil 13a of a transformer 13, and induced voltage (- and hard flow) occurs in coincidence also at secondary coil 13b, and carries out forward bias of the rectifier diode 14, The energy accumulated in the transformer 13 is emitted as a secondary current  $I_2$  through secondary coil 13b. The sub control section 40 detects the secondary

current I<sub>2</sub> by resistance 50, transforms it into an electrical potential difference, and is impressed to the reversal input of a comparator 47. The reference voltage which divided output voltage by resistance 48 and resistance 49 is impressed to the noninverting input of a comparator 47.

[0053] Since the detection electrical potential difference of the resistance 50 currently impressed to the noninverting input of a comparator 47 is higher than the reference voltage currently impressed to the reversal input of a comparator 47 when the secondary current I<sub>2</sub> is flowing, the output of a comparator 47 is set to "L" and a transistor 41 turns [ a transistor 46 ] it on from OFF. Moreover, the gate voltage of the subswitching element 31 is set to "H" from OFF, and the transistor 42 turns off the subswitching element 31. Next, when the energy accumulated in the transformer 13 is emitted and the secondary current I<sub>2</sub> decreases, the secondary current I<sub>2</sub> decreases, the detection electrical potential difference of the resistance 50 currently impressed to the noninverting input of a comparator 47 also falls, if it becomes lower than the reference voltage currently impressed to the reversal input of a comparator 47, the output of a comparator 47 is set to "H", a transistor 46 turns it on, and a transistor 41 turns it off. A transistor 42 turns on, the gate voltage of the subswitching element 31 is set to "L", and the subswitching element 31 is turned on. If the subswitching element 31 turns on, the charge stored in the capacitor 34 for charges will be impressed to secondary coil 13b of a transformer 13, and the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 will be sampled by the induced voltage (the direction of -) generated in primary coil 13a of a transformer 13.

[0054] Moreover, the trigger signal generating section 80 consists of the following configurations. The subswitching element 31 detects the induced voltage of auxiliary winding 13c of the transformer 13 at the time of ON, and the trigger signal generating section 80 generates the trigger signal for making the main control section 20 turn on the main switching element 12.

[0055] When induced voltage has not occurred in auxiliary winding 13c of a transformer 13, a current flows at the base of a transistor 86 through zener diode

88, a transistor 86 turns on, and the transistor 83 turns off. Since zener diode 88 turns off, a transistor 86 turns off and a transistor 83 turns on, when induced voltage occurs in auxiliary winding 13c of a transformer 13, while a capacitor 82 is charged, a pulse-like trigger signal is generated.

[0056] Induced voltage (the direction of -) occurs also in secondary coil 13b at the same time the main switching element 12 turns on, the primary current  $I_1$  flows to primary coil 13a of a transformer 13 and induced voltage (the direction of -) occurs in primary coil 13a of a transformer 13 by the trigger signal from the trigger signal generating section 80. With the induced voltage (the direction of -) of secondary coil 13b, current  $i_2'$  flows in the path of the capacitor 34 -> inductor 33 -> secondary switching element 31 for charges, and the capacitor 34 for charges is charged. In order to make it the electrical potential difference of the capacitor 34 for charges not vibrate at this time, the circuit which becomes the sub control section 40 from a transistor 51, a capacitor 53, resistance 52, and resistance 54 is added. That is, the induced voltage (the direction of -) of secondary coil 13b charges a capacitor 53 through resistance 54, the OFF -> transistor 41 turns [ a transistor 51 / the ON -> transistor 46 ] on, the gate voltage of the OFF -> secondary switching element 31 is set to "H" by the transistor 42, and the subswitching element 31 is turned off. And it is constituted so that the subswitching element 31 may be turned off within the one half ( $1/2\sqrt{LC}$ ) of the resonance period of the capacity C of the capacitor 34 for charges, and the inductance L of an inductor 33.

[0057] Moreover, a detecting element 60 consists of the following configurations. A detecting element 60 generates the detecting signal for detecting the load current, and making always off the subswitching element 31 of the sub control section 40, when there is little load current  $I_0$  (light load). A detecting element 60 detects the load current  $I_0$  by resistance 63, changes it into an electrical potential difference, and is impressed to the noninverting input of a comparator 64. The reference voltage which divided output voltage by resistance 61 and resistance 62 is impressed to the reversal input of a comparator 64. Since the detection

electrical potential difference of resistance 63 is higher than reference voltage when there is much load current I<sub>0</sub> (heavy loading), the output of a comparator 64 is set to "H" and the sub control section 40 performs the usual actuation shown above. Since the detection electrical potential difference of resistance 63 becomes low rather than reference voltage when there is little load current I<sub>0</sub> (light load), the output of a comparator 64 is set to "L", it always turns on OFF -> transistor 41, the gate voltage of the transistor 42 OFF -> secondary switching element 31 is set to "H", and the transistor 46 of the sub control section 40 always turns off the subswitching element 31.

[0058] Moreover, in the subswitch section 30, the inductor 33 is inserted in the capacitor 34 for charges at the serial. Namely, the electrical potential difference impressed to the capacitor 34 for charges as it is only the capacitor 34 for charges Become electrical-potential-difference = (turn ratio of an input voltage x transformer), and \*\*\*\*, and the subswitching element 31 turns on. the induced voltage (the direction of -) which the charge stored in the capacitor 34 for charges was impressed to secondary coil 13b of a transformer 13, and generated in primary coil 13a of a transformer 13 -- the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 -- perfect -- extracting -- \*\*\*\* -- things are not made. Therefore, an inductor 33 is inserted in the capacitor 34 for charges at a serial, and the electrical potential difference impressed to the capacitor 34 for charges using resonance of the capacitor 34 for charges and an inductor 33 is raised electrical-potential-difference =(turn ratio of input voltage x transformer) x2 twice.

[0059] [Gestalt of the 2nd operation] drawing 4 - drawing 6 are drawings about the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention, and are related with claim 1, claim 3, claim 8, and claim 9 of a claim. The block circuit diagram in which drawing 4 shows the rough configuration of the switching power supply equipment of this invention, the example of a circuit diagram of the switching power supply equipment of this invention with detailed drawing 5 , and drawing 6 are the explanatory views

showing the wave of the switching power supply equipment of this invention of operation.

[0060] The switching power supply equipment 2 of this invention of drawing 4 consists of the following configurations. In drawing 4 , a transformer 13 consists of primary coil 13a, secondary coil 13b, and auxiliary winding 13c. In the so-called direct-current-voltage input side, series connection of the main switching element 12 (Q1) and DC power supply 11 is carried out to primary coil 13a, and the primary coil 13a side of a transformer 13 constitutes one loop formation. And the main control section 20 and the delay section 22 which control the main switching element 12 (Q1) are arranged.

[0061] Moreover, in the so-called rectification output side, parallel connection of rectifier diode 14 and the smoothing capacitor 15 is carried out, and the direct current voltage controlled from output terminals 18a and 18b is outputted by the secondary coil 13b side of a transformer 13. Moreover, the detecting element 16 which detects fluctuation of direct-current output voltage is arranged.

[0062] Moreover, the subswitch section 30, the sub control section 40, rectifier diode 23, and a capacitor 24 are arranged in auxiliary winding 13c of a transformer 13, and one circuit is constituted in it. And it has composition which feeds back the signal from the main control section 20 to the sub control section 40 through a detecting element 60. The subswitch section 30 becomes the parallel connection of the subswitching element 31 (Q2) and diode 32 from the circuit where series connection of an inductor 33 and the capacitor 34 for charges was carried out. Next, actuation of each circuit is explained.

[0063] DC power supply 11 are the raw DC power supply obtained by carrying out rectification smooth [ of the AC power supply ], and are the input power of switching power supply equipment 2. DC power supply 11 are supplied to primary coil 13a of a transformer 13 through the main switching element 12 (Q1). The main switching element 12 consists of MOSFETs, and on-off control is carried out by the on-off signal of the main control section 20 impressed to the gate through the delay section 22, and it carries out actuation which impresses

the input voltage from DC power supply 11 to primary coil 13a, or intercepts it. Parasitism diode and parasitic capacitance exist in the main switching element 12 (Q1), and the parasitic capacitance which is parasitic between 12a and the drain source in the parasitism diode which is parasitic between the drain sources of the main switching element 12 is displayed on it as 12b. Rectification smooth [ of the induced voltage of secondary coil 13b ] is carried out by rectifier diode 14 and the smoothing capacitor 15, and it is outputted from output terminals 18a and 18b as output voltage.

[0064] Said output voltage is fed back to a detecting element 16 to a comparison result by the main control section 20 through the insulating transfer section 17 as a comparison signal as compared with reference voltage. Based on the comparison signal from a detecting element 16, the main control section 20 is controlling the "on" period of the main switching element 12, and is stabilizing output voltage.

[0065] The insulating transfer section 17 is in the condition which insulated the primary coil 13a [ of a transformer 13 ], and secondary coil 13b side, and transmits the comparison signal of the detecting element 16 by the side of secondary coil 13b of a transformer 13 to the main control section 20 currently arranged in the primary coil 13a side of a transformer 13. Namely, as for switching power supply equipment 2, the primary coil 13a and secondary coil 13b side (primary side) (secondary) is electrically separated by a transformer 13 and the insulating transfer section 17.

[0066] The sub control section 40 performs control which samples the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 at the time of OFF of the main switching element 12. The main switching element 12 namely, the charge stored in the capacitor 34 for charges of the subswitch section 30 at the time of ON After the excitation energy accumulated in the transformer 13 was emitted at the time of OFF of the main switching element 12, The subswitching element 31 is made to turn on and the charge stored in the capacitor 34 for charges is impressed to auxiliary winding 13c of a transformer 13, and with the

induced voltage of primary coil 13a of a transformer 13, it operates so that the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 may be sampled.

[0067] Moreover, the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 which described the ON signal of the main control section 20 above is sampled, the delay section 22 is delayed until the electrical potential difference VDS between the drain sources of the main switching element 12 becomes zero, and it is transmitted to the gate of the main switching element 12.

[0068] In the condition (the electrical potential difference VDS between the drain sources is a zero state) that there is no charge collected on parasitic capacitance 12b the above-mentioned result, since the main switching element 12 is turned on, generating of switching loss and generating of a switching noise are canceled.

[0069] In the above-mentioned switching power supply equipment 2, when there is little load current, the charge and discharge of the capacitor 34 for charges affect it greatly to loss of a transformer 13. Moreover, if the "on" period of the main switching element 12 becomes shorter than the resonance period of the capacitor 34 for charges, and an inductor 33, since the amount of the charge with which the electrical potential difference impressed to the capacitor 34 for charges falls, and the capacitor 34 for charges is covered will be in the condition which is not enough to sample the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12, the case where the electrical potential difference VDS between the drain sources of the main switching element 12 does not become zero occurs.

[0070] Then, a detecting element 60 detects the primary coil 13a side primary current I1 of the transformer 13 which flows through the main switching element 12, and that there are few primary currents I1, when there is little load current (light load), it generates a detecting signal for the sub control section 40 to make the subswitching element 31 always off.

[0071] Actuation of the switching power supply equipment 2 constituted like drawing 4 is further explained to a detail using the wave form chart of drawing 6

of operation. By the following explanation, the main switching element 12 is marked as "a switching element Q1", and the subswitching element 31 is marked as "a switching element Q2." In drawing 4 (a) The electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 (b) gate voltage VG1 of a switching element Q1, and (d) for the primary coil 13a side primary current I1 of a transformer 13, and (c) On-off-signal VON of the main control section 20, The secondary coil 13b side secondary current I2 of a transformer 13 and (g) take the auxiliary winding 13c side current I3 of a transformer 13 for each wave of electrical-potential-difference VC\*\* of the capacitor 34 for charges, (h) takes a time-axis common to an axis of abscissa, and (e) is expressed for gate voltage VG2 of a switching element Q2, and (f). Moreover, gate voltage VG1 turns off a switching element Q1, when ON and gate voltage VG1 are "L" (a low or electrical-potential-difference value below a certain value) at the time of "H" (yes, electrical-potential-difference value of a certain height), and the switching element Q2 is constituted so that it may turn off, when gate voltage VG2 is "L" and ON and gate voltage VG2 are "H."

[0072] It explains along with a time-axis.

(1) Actuation by time of day t0 (Q1 ON, Q2 ON)

By the main control section 20, "H" and gate voltage VG2 of a switching element Q2 are "L", gate voltage VG1 of a switching element Q1 turns on both the switching element Q1 and the switching element Q2 for them, and the electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 is zero mostly. When the input voltage supplied from DC power supply 11 is impressed to primary coil 13a of a transformer 13 and the switching element Q1 turns on, the primary current I1 flows to primary coil 13a of a transformer 13, magnetic flux occurs to a transformer 13 and energy is accumulated in it.

Although induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 14, the secondary coil 13b side secondary current I2 of a

transformer 13 does not flow. Moreover, although induced voltage (the direction of -) occurs in auxiliary winding 13c of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 23, the auxiliary winding 13c side current  $i_3$  of a transformer 13 does not flow. Moreover, with the induced voltage (the direction of -) of auxiliary winding 13c, current  $i_3'$  flows in the path of the capacitor 34 -> inductor 33 -> switching element Q2 for charges, and after the capacitor 34 for charges completes charge, current  $i_3'$  does not flow.

[0073] (2) Actuation between tperiod  $t_{0-1}$  (Q1 OFF, Q2 OFF)

Both the switching element Q1 and the switching element Q2 turn off gate voltage  $VG_1$  of a switching element Q1 by setting "L" and gate voltage  $VG_2$  of a switching element Q2 to "H" at time of day  $t_0$ , as for the main control section 20, and, in the electrical potential difference  $VDS$  between the drain sources of a switching element Q1, "H" and said primary current  $I_1$  serve as zero. At the same time induced voltage (- and hard flow) occurs in said primary coil 13a, when a switching element Q1 turns off Since an electrical potential difference is impressed in the direction which induced voltage (- and hard flow) occurs also in said secondary coil 13b, and carries out forward bias of the rectifier diode 14, The energy accumulated in the transformer 13 is emitted as a secondary current  $I_2$  through said secondary coil 13b, and smooth is carried out with a smoothing capacitor 15, and it is supplied to output terminals 18a and 18b as output voltage  $VO$ . Moreover, since an electrical potential difference is impressed in the direction which induced voltage (- and hard flow) occurs also in auxiliary winding 13c, and carries out forward bias of the rectifier diode 23 at the same time induced voltage (- and hard flow) occurs in said primary coil 13a, The energy accumulated in the transformer 13 is emitted as a current  $i_3$  through said auxiliary winding 13c, and smooth is carried out with a smoothing capacitor 24, and it is supplied as a power source of the main control section 20 and the sub control section 40. Moreover, at this time, since the reverse bias of OFF and the diode 32 is carried out for the switching element Q2, a current  $i_3$  does not flow

through the subswitch section 30. the energy accumulated in the transformer 13 emits -- having -- \*\* -- if the secondary current  $I_2$  and current  $I_3$  which are not decrease and become zero at time of day  $t_1$ , the induced voltage of said primary coil 13a, secondary coil 13b, and auxiliary winding 13c of them will be lost.

[0074] (3) Actuation between tperiod  $t_{1-2}$  (Q1 OFF, Q2 ON)

All the energy accumulated in the transformer 13 is emitted, and if the secondary current  $I_2$  and a current  $I_3$  decrease and become zero at time of day  $t_1$ , the induced voltage of said primary coil 13a, secondary coil 13b, and auxiliary winding 13c of them will be lost. At time of day  $t_1$ , the main control section 20 outputs an ON signal, and sets gate voltage  $VG_2$  of a switching element Q2 to "L", and a switching element Q2 turns it on. If a switching element Q2 turns on, since the charge with which the both-ends electrical potential difference of the capacitor 34 for charges was impressed to said auxiliary winding 13c, and was stored in the capacitor 34 for charges will be emitted, Since induced voltage (the direction of -) occurs also in primary coil 13a at the same time current  $I_3'$  flows in the above (2) and this direction from the capacitor 34 for charges and induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13, Primary current  $I_1'$  flows in the direction which draws out the charge which accumulated in parasitic capacitance 12b of a switching element Q1 (it is made to discharge), the charge of parasitic capacitance 12b follows on being emitted, and the electrical potential difference  $VDS$  between the drain sources of a switching element Q1 falls, and becomes zero.

[0075] (4) Actuation between tperiod  $t_{2-3}$  (Q1 ON, Q2 ON)

The ON signal outputted from the main control section 20 at said time of day  $t_1$  is delayed between tperiod  $t_{1-2}$  by the delay section 22, and sets gate voltage  $VG_1$  of a switching element Q1 to "H" at time of day  $t_2$ , and a switching element Q1 is turned on. Therefore, since a switching element Q1 is turned on when the electrical potential difference  $VDS$  between the drain sources is zero, the switching loss and the switching noise by the charge with which the switching element Q1 accumulated in parasitic capacitance 12b at the time of ON short-

circuiting are canceled.

[0076] Induced voltage (the direction of -) occurs also in secondary coil 13b at the same time a switching element Q1 turns on, a primary current flows to primary coil 13a of a transformer 13 and induced voltage (the direction of -) occurs in primary coil 13a of a transformer 13. Although induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 14, the secondary coil 13b side secondary current I2 of a transformer 13 does not flow. Moreover, although induced voltage (the direction of -) occurs in auxiliary winding 13c of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 23, the auxiliary winding 13c side current I3 of a transformer 13 does not flow. Moreover, after current i3's flowing in the path of the capacitor 34 -> inductor 33 -> switching element Q2 for charges, charging the capacitor 34 for charges and completing charge at time of day t3 with the induced voltage (the direction of -) of auxiliary winding 13c, current i3' does not flow. The inductor 33 is raising the electrical potential difference impressed to the capacitor 34 for charges by resonance with the capacitor 34 for charges twice compared with the case where there is no inductor 33. Actuation of (4) is henceforth repeated from the above (1).

[0077] It explains using the detailed example of a circuit diagram which shows actuation of the sub control section 40 of the switching power supply equipment 2 constituted like drawing 4 , and a detecting element 60 to drawing 5 .

[0078] The sub control section 40 consists of the following configurations. If an ON signal is outputted from the main control section 20, the base of a transistor 46 is set to "H" through resistance 25, the ON -> transistor 41 serves as [ the gate voltage of the ON -> secondary switching element 31 ] OFF, a transistor 42 is served as to "L", and a transistor 46 turns on the subswitching element 31. If the subswitching element 31 turns on, since the charge with which the both-ends

electrical potential difference of the capacitor 34 for charges was impressed to said auxiliary winding 13c, and was stored in the capacitor 34 for charges will be emitted, Since induced voltage (the direction of -) occurs also in primary coil 13a at the same time current  $i3'$  flows from the capacitor 34 for charges and induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13, Primary current  $i1'$  flows in the direction which draws out the charge which accumulated in parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 (it is made to discharge), the charge of parasitic capacitance 12b follows on being emitted, and the electrical potential difference VDS between the drain sources of the main switching element 12 falls, and becomes zero.

[0079] Moreover, the ON signal outputted from the main control section 20 delays only a period until the charge of the above-mentioned parasitic capacitance 12b is emitted by the delay section 22 which consists of resistance, the electrical potential difference VDS between the drain sources of the main switching element 12 falls and it becomes zero, and makes the main switching element 12 turn on. Therefore, since the main switching element 12 is turned on when the electrical potential difference VDS between the drain sources is zero, the switching loss and the switching noise by the charge with which the main switching element 12 accumulated in parasitic capacitance 12b at the time of ON short-circuiting are canceled.

[0080] Current  $i3'$  flows [ the main switching element 12 ] with the induced voltage (the direction of -) of auxiliary winding 13c in the path of the capacitor 34 -> inductor 33 -> switching element Q2 for charges at the time of ON, and the capacitor 34 for charges is charged. In order to make it the electrical potential difference of the capacitor 34 for charges not vibrate at this time, the circuit which becomes the sub control section 40 from a transistor 51, a capacitor 53, resistance 52, and resistance 54 is added. That is, the induced voltage (the direction of -) of auxiliary winding 13c charges a capacitor 53 through resistance 54, the OFF -> transistor 41 serves as [ the gate voltage of the OFF -> secondary switching element 31 ] ON, a transistor 42 is served as to "H" by the ON ->

transistor 46, and a transistor 51 turns off the subswitching element 31. And it is constituted so that the subswitching element 31 may be turned off within the one half ( $1/2\sqrt{LC}$ ) of the resonance period of the capacity C of the capacitor 34 for charges, and the inductance L of an inductor 33.

[0081] Moreover, a detecting element 60 consists of the following configurations. A detecting element 60 detects the primary coil 13a side primary current I1 of the transformer 13 which flows through the main switching element 12, and that there are few primary currents I1, when there is little load current (light load), it generates a detecting signal for the sub control section 40 to make the subswitching element 31 always off.

[0082] A detecting element 60 detects the above-mentioned primary current I1 by resistance 66, transforms it into an electrical potential difference, and is impressed to the noninverting input of a comparator 68. Reference voltage 69 is impressed to the reversal input of a comparator 68. When there is much load current I0 (heavy loading), the primary current I1 increases, since the detection electrical potential difference of resistance 66 is higher than reference voltage, the output of a comparator 68 is set to "H" and the sub control section 40 performs the usual actuation shown above. Since the primary current I1 decreases and the detection electrical potential difference of resistance 66 becomes low rather than reference voltage when there is little load current I0 (light load), the output of a comparator 68 is set to "L", the gate voltage of OFF -> transistor 41 ON and the transistor 42 OFF -> secondary switching element 31 is always set to "H", and the transistor 46 of the sub control section 40 always turns off the subswitching element 31.

[0083] Moreover, in the subswitch section 30, the inductor 33 is inserted in the capacitor 34 for charges at the serial. namely, the induced voltage (the direction of -) which the electrical potential difference impressed to the capacitor 34 for charges as it is only the capacitor 34 for charges became only the turn ratio of an input voltage x transformer, the subswitching element 31 turned on, and the charge stored in the capacitor 34 for charges was impressed to auxiliary winding

13c of a transformer 13, and was generated in primary coil 13a of a transformer 13 -- the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 -- perfect -- extracting -- \*\*\*\* -- things are not made. Therefore, an inductor 33 is inserted in the capacitor 34 for charges at a serial, and the electrical potential difference impressed to the capacitor 34 for charges using resonance of the capacitor 34 for charges and an inductor 33 is raised the twice of the turn ratio of max and an input voltage x transformer.

[0084] [Gestalt of the 3rd operation] drawing 7 and drawing 8 are drawings about the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention, and are related with claim 1, claim 4, claim 6, and claim 7 of a claim. The block circuit diagram in which drawing 7 shows the rough configuration of the switching power supply equipment of this invention, and drawing 8 are the explanatory views showing the wave of the switching power supply equipment of this invention of operation.

[0085] The switching power supply equipment 3 of this invention of drawing 7 consists of the following configurations. In drawing 7 , a transformer 13 consists of primary coil 13a, secondary coil 13b, and 13d of auxiliary winding. In the so-called direct-current-voltage input side, series connection of the main switching element 12 (Q1) and DC power supply 11 is carried out to primary coil 13a, and the primary coil 13a side of a transformer 13 constitutes one loop formation. And the main control section 20 and the trigger signal generating section 80 which control the main switching element 12 (Q1) are arranged.

[0086] Moreover, in the so-called rectification output side, parallel connection of the subswitch section 30, the sub control section 40, and the smoothing capacitor 15 is carried out, and the direct current voltage controlled from output terminals 18a and 18b is outputted to secondary coil 13b by the secondary coil 13b side of a transformer 13. Moreover, between the subswitch section 30 and a smoothing capacitor 15, it has the composition that rectifier diode 14 is connected. The detecting element 16 which detects fluctuation of direct-current output voltage is arranged.

[0087] The subswitch section 30 becomes the parallel connection of the subswitching element 31 (Q2) and diode 32 from the circuit where series connection of the capacitor 34 for charges was carried out. Moreover, diode 26 is connected with the inductor of 13d of auxiliary winding, and the capacitor 34 for charges forms one loop formation, and is charged through diode 26 with the induced voltage (- and hard flow) generated in 13d of auxiliary winding at the time of main switching element 12 OFF.

[0088] Said output voltage is fed back to a detecting element 16 to a comparison result by the main control section 20 through the insulating transfer section 17 as a comparison signal as compared with reference voltage. Based on the comparison signal from a detecting element 16, the main control section 20 is controlling the "on" period of the main switching element 12, and is stabilizing output voltage.

[0089] The insulating transfer section 17 is in the condition which insulated the primary coil 13a [ of a transformer 13 ], and secondary coil 13b side, and transmits the comparison signal of the detecting element 16 by the side of secondary coil 13b of a transformer 13 to the main control section 20 currently arranged in the primary coil 13a side of a transformer 13. Namely, as for switching power supply equipment 1, the primary coil 13a and secondary coil 13b side (primary side) (secondary) is electrically separated by a transformer 13 and the insulating transfer section 17.

[0090] The sub control section 40 performs control which samples the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 at the time of OFF of the main switching element 12. The main switching element 12 namely, the charge stored in the capacitor 34 for charges of the subswitch section 30 at the time of ON After the excitation energy accumulated in the transformer 13 was emitted at the time of OFF of the main switching element 12, The subswitching element 31 is made to turn on and the charge stored in the capacitor 34 for charges is impressed to secondary coil 13b of a transformer 13, and with the induced voltage of primary coil 13a of a transformer 13, it operates so that the

charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 may be sampled.

[0091] The subswitching element 31 detects the induced voltage of primary coil 13a of the transformer 13 at the time of ON, and the trigger signal generating section 80 generates the trigger signal for making the main control section 20 turn on the main switching element 12.

[0092] In the condition (the electrical potential difference VDS between the drain sources is a zero state) that there is no charge collected on parasitic capacitance 12b the above-mentioned result, since the main switching element 12 is turned on, generating of switching loss and generating of a switching noise are canceled.

[0093] In the above-mentioned switching power supply equipment 3, when there is little load current, the charge and discharge of the capacitor 34 for charges affect it greatly to loss of a transformer 13. Then, the detecting element 60 currently arranged in the secondary coil 13b side of a transformer 13 detects the load current, and when there is little load current (at the time of a light load), it generates a detecting signal for the sub control section 40 to make the subswitching element 31 always off.

[0094] Actuation of the switching power supply equipment 3 constituted like drawing 7 is further explained to a detail using the wave form chart of drawing 8 of operation. By the following explanation, the main switching element 12 is marked as "a switching element Q1", and the subswitching element 31 is marked as "a switching element Q2." In (a), the electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 and (b) gate voltage VG1 of a switching element Q1, and (d) for the primary coil 13a side primary current I1 of a transformer 13, and (c) The primary coil 13a side primary electrical potential difference VH of a transformer 13, In (e), the trigger signal electrical potential difference VTR of the trigger signal generating section 80 and (f) gate voltage VG2 of a switching element Q2, and (h) for the secondary coil 13b side secondary current I2 of a transformer 13, and (g) The electrical potential difference VC of the capacitor 34 for charges (j) is taken and expressed [ time-

axis / common to an axis of abscissa ] in each wave of 13d side current I4 of auxiliary winding of transformer 13 \*\*. Moreover, a switching element Q1 is turned off, when gate voltage VG1 is "H" and ON and gate voltage VG1 are "L", and the switching element Q2 is constituted so that it may turn off, when gate voltage VG2 is "L" and ON and gate voltage VG2 are "H."

[0095] It explains along with a time-axis.

(1) Actuation by time of day t0 (Q1 ON, Q2 OFF)

By the main control section 20, gate voltage VG1 of a switching element Q1 is "H", a switching element Q1 is turned on, and the electrical potential difference VDS between the drain sources is zero mostly. When the input voltage supplied from DC power supply 11 is impressed to primary coil 13a of a transformer 13 and the switching element Q1 turns on, the primary current I1 flows to primary coil 13a of a transformer 13, magnetic flux occurs to a transformer 13 and energy is accumulated in it. Although induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of rectifier diode 14 and the diode 35, the secondary coil 13b side secondary current I2 of a transformer 13 does not flow. Moreover, although induced voltage (the direction of -) occurs in 13d of auxiliary winding of a transformer 13, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of rectifier diode 14 and the diode 35, 13d side current I4 of auxiliary winding of a transformer 13 does not flow.

[0096] (2) Actuation between tperiod t0-1 (Q1 OFF, Q2 OFF)

The main control section 20 sets gate voltage VG1 of a switching element Q1 to "L" at time of day t0, a switching element Q1 turns off, and, in the electrical potential difference VDS between the drain sources, "H" and said primary current I1 serve as zero. Induced voltage (- and hard flow) occurs in secondary coil 13b, and induced voltage (- and hard flow) occurs in 13d of auxiliary winding at the same time induced voltage (- and hard flow) occurs in primary coil 13a of a

transformer 13, when a switching element Q1 turns off. Since an electrical potential difference is impressed in the direction which carries out forward bias of the rectifier diode 14, the energy accumulated in the transformer 13 is emitted as a secondary current I2 through secondary coil 13b, and smooth [ of the induced voltage (- and hard flow) of secondary coil 13b ] is carried out by the smoothing capacitor 15, and it is supplied to output terminals 18a and 18b as output voltage VO. Moreover, since an electrical potential difference is impressed in the direction which carries out forward bias of the diode 26, the energy accumulated in the transformer 13 is emitted as a current I4 through 13d of auxiliary winding, and the induced voltage (- and hard flow) of 13d of auxiliary winding charges the capacitor 34 for charges. the energy accumulated in the transformer 13 emits -- having -- \*\* -- if the secondary current I2 which is not decreases and becomes zero at time of day t1, said primary coil 13a, secondary coil 13b, and the induced voltage of 13d of auxiliary winding of it will be lost.

[0097] (3) Actuation between tperiod t1-2 (Q1 OFF, Q2 ON)

If all the energy accumulated in the transformer 13 is emitted and the secondary current I2 becomes zero at time of day t1, the sub control section 40 sets gate voltage VG2 of a switching element Q2 to "L", and a switching element Q2 turns it on. If a switching element Q2 turns on, since the charge with which the both-ends electrical potential difference of the capacitor 34 for charges was impressed to said secondary coil 13b, and was stored in the capacitor 34 for charges will be emitted, Since induced voltage (the direction of -) occurs also in primary coil 13a at the same time secondary current I2' flows in the above (2) and this direction from the capacitor 34 for charges and induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13, Primary current I1' flows in the direction which draws out the charge which accumulated in parasitic capacitance 12b of a switching element Q1 (it is made to discharge), the charge of parasitic capacitance 12b follows on being emitted, and the electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 falls, and becomes zero.

[0098] (4) Actuation between tperiod t2-3 (Q1 ON, Q2 ON)

The trigger signal generating section 80 detects the induced voltage (the direction of -) generated in primary coil 13a of the transformer 13 in the above (3), generates the trigger signal for making the main control section 20 turn on a switching element Q1, and turns on a switching element Q1. Since a switching element Q1 turns on after the charge of parasitic capacitance 12b is emitted and the electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 becomes zero, the switching loss and the switching noise by the charge with which the switching element Q1 accumulated in parasitic capacitance 12b at the time of ON short-circuiting are canceled.

[0099] Induced voltage (the direction of -) occurs also in secondary coil 13b at the same time a switching element Q1 turns on, a primary current flows to primary coil 13a of a transformer 13 and induced voltage (the direction of -) occurs in primary coil 13a of a transformer 13. The sub control section 40 detects the induced voltage (the direction of -) of secondary coil 13b, and turns off a switching element Q2. Actuation of (4) is henceforth repeated from the above (1).

[0100] Since actuation of the sub control section 40 of the switching power supply equipment 3 constituted like drawing 7 , a detecting element 60, and the trigger signal generating section 80 is the same as what was explained using the circuit diagram showing the example of drawing 2 , explanation here is omitted.

[0101] [Gestalt of the 4th operation] drawing 9 and drawing 10 are drawings about the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention, and are related with claim 1, claim 5, claim 8, and claim 9 of a claim. The block circuit diagram in which drawing 9 shows the rough configuration of the switching power supply equipment of this invention, and drawing 10 are the explanatory views showing the wave of the switching power supply equipment of this invention of operation.

[0102] The switching power supply equipment 4 of this invention of drawing 9 consists of the following configurations. In drawing 9 , a transformer 13 consists of primary coil 13a, secondary coil 13b, auxiliary winding 13c, and 13d of

auxiliary winding. In the so-called direct-current-voltage input side, series connection of the main switching element 12 (Q1) and DC power supply 11 is carried out to primary coil 13a, and the primary coil 13a side of a transformer 13 constitutes one loop formation. And the main control section 20 and the delay section 22 which control the main switching element 12 (Q1) are arranged.

[0103] Moreover, in the so-called rectification output side, parallel connection of rectifier diode 14 and the smoothing capacitor 15 is carried out, and the direct current voltage controlled from output terminals 18a and 18b is outputted by the secondary coil 13b side of a transformer 13. Moreover, the detecting element 16 which detects fluctuation of direct-current output voltage is arranged.

[0104] Moreover, the subswitch section 30, the sub control section 40, rectifier diode 23, and a capacitor 24 are arranged in auxiliary winding 13c of a transformer 13, and one circuit is constituted in it. And it has composition which feeds back the signal from the main control section 20 to the sub control section 40 through a detecting element 60. The subswitch section 30 becomes the parallel connection of the subswitching element 31 (Q2) and diode 32 from the circuit where series connection of the capacitor 34 for charges was carried out. Moreover, diode 26 is connected with the inductor of 13d of auxiliary winding, and the capacitor 34 for charges forms one loop formation, and is charged through diode 26 with the induced voltage (- and hard flow) generated in 13d of auxiliary winding at the time of OFF of the main switching element 12. Next, actuation of each circuit is explained.

[0105] DC power supply 11 are the raw DC power supply obtained by carrying out rectification smooth [ of the AC power supply ], and are the input power of switching power supply equipment 2. DC power supply 11 are supplied to primary coil 13a of a transformer 13 through the main switching element 12 (Q1). The main switching element 12 consists of MOSFETs, and on-off control is carried out by the on-off signal of the main control section 20 impressed to the gate through the delay section 22, and it carries out actuation which impresses the input voltage from DC power supply 11 to primary coil 13a, or intercepts it.

Parasitism diode and parasitic capacitance exist in the main switching element 12 (Q1), and the parasitic capacitance which is parasitic between 12a and the drain source in the parasitism diode which is parasitic between the drain sources of the main switching element 12 is displayed on it as 12b. Rectification smooth [ of the induced voltage of secondary coil 13b ] is carried out by rectifier diode 14 and the smoothing capacitor 15, and it is outputted from output terminals 18a and 18b as output voltage.

[0106] Said output voltage is fed back to a detecting element 16 to a comparison result by the main control section 20 through the insulating transfer section 17 as a comparison signal as compared with reference voltage. Based on the comparison signal from a detecting element 16, the main control section 20 is controlling the "on" period of the main switching element 12, and is stabilizing output voltage.

[0107] The insulating transfer section 17 is in the condition which insulated the primary coil 13a [ of a transformer 13 ], and secondary coil 13b side, and transmits the comparison signal of the detecting element 16 by the side of secondary coil 13b of a transformer 13 to the main control section 20 currently arranged in the primary coil 13a side of a transformer 13. Namely, as for switching power supply equipment 4, the primary coil 13a and secondary coil 13b side (primary side) (secondary) is electrically separated by a transformer 13 and the insulating transfer section 17.

[0108] The sub control section 40 performs control which samples the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 at the time of OFF of the main switching element 12. The main switching element 12 namely, the charge stored in the capacitor 34 for charges of the subswitch section 30 at the time of ON After the excitation energy accumulated in the transformer 13 was emitted at the time of OFF of the main switching element 12, The subswitching element 31 is made to turn on and the charge stored in the capacitor 34 for charges is impressed to auxiliary winding 13c of a transformer 13, and with the induced voltage of primary coil 13a of a transformer 13, it operates so that the

charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 may be sampled.

[0109] Moreover, the charge of parasitic capacitance 12b of the main switching element 12 which described the ON signal of the main control section 20 above is sampled, the delay section 22 is delayed until the electrical potential difference VDS between the drain sources of the main switching element 12 becomes zero, and it is transmitted to the gate of the main switching element 12.

[0110] In the condition (the electrical potential difference VDS between the drain sources is a zero state) that there is no charge collected on parasitic capacitance 12b the above-mentioned result, since the main switching element 12 is turned on, generating of switching loss and generating of a switching noise are canceled.

[0111] In the above-mentioned switching power supply equipment 4, when there is little load current, the charge and discharge of the capacitor 34 for charges affect it greatly to loss of a transformer 13. Then, a detecting element 60 detects the primary coil 13a side primary current I1 of the transformer 13 which flows through the main switching element 12, and that there are few primary currents I1, when there is little load current (light load), it generates a detecting signal for the sub control section 40 to make the subswitching element 31 always off.

[0112] Actuation of the switching power supply equipment 2 constituted like drawing 9 is further explained to a detail using the wave form chart of drawing 10 of operation. By the following explanation, the main switching element 12 is marked as "a switching element Q1", and the subswitching element 31 is marked as "a switching element Q2." In drawing 10 (a) The electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 (b) gate voltage VG1 of a switching element Q1, and (d) for the primary coil 13a side primary current I1 of a transformer 13, and (c) On-off-signal VON of the main control section 20, In (e), gate voltage VG2 of a switching element Q2 and (f) the auxiliary winding 13c side current I3 of a transformer 13, and (h) for the secondary coil 13b side secondary current I2 of a transformer 13, and (g) The electrical potential difference VC of the capacitor 34 for charges (j) is taken and expressed [ time-

axis / common to an axis of abscissa ] in each wave of 13d side current I4 of auxiliary winding of transformer 13 \*\*. Moreover, a switching element Q1 is turned off, when gate voltage VG1 is "H" and ON and gate voltage VG1 are "L", and the switching element Q2 is constituted so that it may turn off, when gate voltage VG2 is "L" and ON and gate voltage VG2 are "H."

[0113] It explains along with a time-axis.

(1) Actuation by time of day t0 (Q1 ON, Q2 ON)

By the main control section 20, "H" and gate voltage VG2 of a switching element Q2 are "L", gate voltage VG1 of a switching element Q1 turns on both the switching element Q1 and the switching element Q2 for them, and the electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1 is zero mostly. When the input voltage supplied from DC power supply 11 is impressed to primary coil 13a of a transformer 13 and the switching element Q1 turns on, the primary current I1 flows to primary coil 13a of a transformer 13, magnetic flux occurs to a transformer 13 and energy is accumulated in it.

Although induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 14, the secondary coil 13b side secondary current I2 of a transformer 13 does not flow. Moreover, although induced voltage (the direction of -) occurs in auxiliary winding 13c of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 23, the auxiliary winding 13c side current I3 of a transformer 13 does not flow. Moreover, although induced voltage (the direction of -) occurs in 13d of auxiliary winding of a transformer 13, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of rectifier diode 23 and the diode 35, 13d side current I4 of auxiliary winding of a transformer 13 does not flow.

[0114] (2) Actuation between tperiod t0-1 (Q1 OFF, Q2 OFF)

Both the switching element Q1 and the switching element Q2 turn off gate voltage VG1 of a switching element Q1 by setting "L" and gate voltage VG2 of a switching element Q2 to "H" at time of day t0, as for the main control section 20, and, in the electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q1, "H" and said primary current I1 serve as zero. At the same time induced voltage (- and hard flow) occurs in said primary coil 13a, when a switching element Q1 turns off Since an electrical potential difference is impressed in the direction which induced voltage (- and hard flow) occurs also in said secondary coil 13b, and carries out forward bias of the rectifier diode 14, The energy accumulated in the transformer 13 is emitted as a secondary current I2 through said secondary coil 13b, and smooth is carried out with a smoothing capacitor 15, and it is supplied to output terminals 18a and 18b as output voltage VO. Moreover, since an electrical potential difference is impressed in the direction which induced voltage (- and hard flow) occurs also in auxiliary winding 13c, and carries out forward bias of the rectifier diode 23 at the same time induced voltage (- and hard flow) occurs in said primary coil 13a, The energy accumulated in the transformer 13 is emitted as a current I3 through said auxiliary winding 13c, and smooth is carried out with a smoothing capacitor 24, and it is supplied as a power source of the main control section 20 and the sub control section 40. Moreover, at this time, since the reverse bias of OFF and the diode 32 is carried out for the switching element Q2, a current I3 does not flow through the subswitch section 30. Moreover, since an electrical potential difference is impressed in the direction which carries out forward bias of the diode 26, the energy accumulated in the transformer 13 is emitted as a current I4 through 13d of auxiliary winding, and the induced voltage (- and hard flow) of 13d of auxiliary winding charges the capacitor 34 for charges. the energy accumulated in the transformer 13 emits -- having -- \*\* -- if the secondary current I2 which is not decreases and becomes zero at time of day t1, said primary coil 13a, secondary coil 13b, auxiliary winding 13c, and the induced voltage of 13d of auxiliary winding of it will be lost.

[0115] (3) Actuation between tperiod t1-2 (Q1 OFF, Q2 ON)

All the energy accumulated in the transformer 13 is emitted, and if the secondary current I<sub>2</sub> and a current I<sub>3</sub> decrease and become zero at time of day t<sub>1</sub>, said primary coil 13a, secondary coil 13b, auxiliary winding 13c, and the induced voltage of 13d of auxiliary winding of them will be lost.

[0116] At time of day t<sub>1</sub>, the main control section 20 outputs an ON signal, and sets gate voltage VG<sub>2</sub> of a switching element Q<sub>2</sub> to "L", and a switching element Q<sub>2</sub> turns it on. If a switching element Q<sub>2</sub> turns on, since the charge with which the both-ends electrical potential difference of the capacitor 34 for charges was impressed to said auxiliary winding 13c, and was stored in the capacitor 34 for charges will be emitted, Since induced voltage (the direction of -) occurs also in primary coil 13a at the same time current I<sub>3'</sub> flows in the above (2) and this direction from the capacitor 34 for charges and induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13, Primary current I<sub>1'</sub> flows in the direction which draws out the charge which accumulated in parasitic capacitance 12b of a switching element Q<sub>1</sub> (it is made to discharge), the charge of parasitic capacitance 12b follows on being emitted, and the electrical potential difference VDS between the drain sources of a switching element Q<sub>1</sub> falls, and becomes zero.

[0117] (4) Actuation between tperiod t2-3 (Q1 ON, Q2 ON)

The ON signal outputted from the main control section 20 at said time of day t<sub>1</sub> is delayed between tperiod t<sub>1</sub>-2 by the delay section 22, and sets gate voltage VG<sub>1</sub> of a switching element Q<sub>1</sub> to "H" at time of day t<sub>2</sub>, and a switching element Q<sub>1</sub> is turned on. Therefore, since a switching element Q<sub>1</sub> is turned on when the electrical potential difference VDS between the drain sources is zero, the switching loss and the switching noise by the charge with which the switching element Q<sub>1</sub> accumulated in parasitic capacitance 12b at the time of ON short-circuiting are canceled.

[0118] Induced voltage (the direction of -) occurs also in secondary coil 13b at the same time a switching element Q<sub>1</sub> turns on, a primary current flows to

primary coil 13a of a transformer 13 and induced voltage (the direction of -) occurs in primary coil 13a of a transformer 13. Although induced voltage (the direction of -) occurs in secondary coil 13b of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 14, the secondary coil 13b side secondary current I2 of a transformer 13 does not flow. Moreover, although induced voltage (the direction of -) occurs in auxiliary winding 13c of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 23, the auxiliary winding 13c side current I3 of a transformer 13 does not flow. Moreover, although induced voltage (the direction of -) occurs in 13d of auxiliary winding of a transformer 13 at this time, since it is constituted so that an electrical potential difference may be impressed in the direction which carries out the reverse bias of the rectifier diode 26, 13d side current I4 of auxiliary winding of a transformer 13 does not flow. Actuation of (4) is henceforth repeated from the above (1).

[0119] Since actuation of the sub control section 40 of the switching power supply equipment 4 constituted like drawing 9 and a detecting element 60 is the same as what was explained using the circuit diagram showing the example of drawing 5 , explanation here is omitted.

[0120]

[Effect of the Invention] The main switching element which carries out on-off control of the input voltage according to the switching power supply equipment of this invention according to claim 1, This main switching element is connected to the primary coil of the transformer equipped with the primary [ at least ] coil and the secondary coil, and a transformer. To the secondary coil of a transformer A rectification smoothing circuit, In switching power supply equipment equipped with the main control section which carries out on-off control of this main switching element so that the output of this rectification smoothing circuit may become fixed The charge which has the subswitch section containing a

subswitching element and a capacitor, controlled the subswitching element, and was stored in the capacitor of this subswitch section is supplied to this main switching element through this transformer. It is characterized by including the actuation which samples the charge of the parasitic capacitance of this main switching element.

[0121] Therefore, switching loss and a switching noise are improvable by extracting the charge with which the main switching element accumulated at parasitic capacitance at the time of OFF at the time just before ON.

[0122] Moreover, according to the switching power supply equipment of this invention according to claim 2, the subswitch section and the sub control section are connected to the secondary coil of said transformer. Said subswitch section consists of a configuration that the circuit where series connection of a capacitor and the inductor was carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out was connected. As for this sub control section, said main switching element stores a charge in this capacitor of this subswitch section at the time of ON. It is characterized by making it operate so that the charge of the parasitic capacitance of the main switching element may be sampled with this charge of said capacitor through this transformer at a period until the main switching element turns on.

[0123] Therefore, switching loss and a switching noise are improvable by extracting the charge with which the main switching element accumulated at parasitic capacitance at the time of OFF at the time just before ON. Moreover, since a subswitching element consists of switching elements of the small capacity which opens and closes a small current compared with the former, when the gate capacitance of a switching element becomes less, drive loss decreases and it can also reduce cost.

[0124] Moreover, according to the switching power supply equipment of this invention according to claim 3, said transformer is equipped with the auxiliary winding for sub control. Said subswitch section and said sub control section are connected to juxtaposition at this auxiliary winding of said transformer,

respectively. Said subswitch section consists of a configuration that the circuit where series connection of a capacitor and the inductor was carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out was connected. A charge is stored in the capacitor of said subswitch section at a period until said main switching element turns on. After the excitation energy accumulated in the transformer was emitted at the time of OFF of said main switching element, Make a subswitching element turn on and the charge currently stored in said capacitor is impressed to the auxiliary winding for sub control of a transformer. It is characterized by coming to prepare for a period until said main switching element turns on the charge of the parasitic capacitance of the main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer the sub control section controlled to sample.

[0125] Therefore, the switching loss and the switching noise by the charge with which the main switching element accumulated in parasitic capacitance at the time of ON short-circuiting are improvable. Moreover, since a subswitching element consists of switching elements of the small capacity which opens and closes a small current compared with the former, when the gate capacitance of a switching element becomes less, drive loss decreases and it can also reduce cost.

[0126] Moreover, according to the switching power supply equipment of this invention according to claim 4, said transformer is equipped with a primary coil, a secondary coil, and the auxiliary winding for charge. The capacitor and the diode for charge of said subswitch section are connected to this auxiliary winding for charge. Said subswitch section and said sub control section are connected to the secondary coil of said transformer at juxtaposition, respectively. Series connection of the capacitor is carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out to said subswitch section. A charge is stored in the capacitor of said subswitch section at the time of OFF of said main switching element. After the excitation energy accumulated in the transformer is emitted, make a subswitching element turn on and the charge

currently stored in said capacitor is impressed to the secondary coil of a transformer. It is characterized by coming to prepare for a period until the main switching element turns on the charge of the parasitic capacitance of said main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer the sub control section controlled to sample.

[0127] Therefore, switching loss and a switching noise are improvable by extracting the charge with which the main switching element accumulated at parasitic capacitance at the time of OFF at the time just before ON. Moreover, since a subswitching element consists of switching elements of the small capacity which opens and closes a small current compared with the former, when the gate capacitance of a switching element becomes less, drive loss decreases and it can also reduce cost. Moreover, since the secondary of said transformer is equipped with the diode for storing a charge in the capacitor of said subswitch section, and the auxiliary winding for charge, it can be set as the optimum value of the arbitration for sampling, just before the main switching element turns on the charge electrical potential difference of a capacitor and turns on the charge of the parasitic capacitance of the main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer by changing the turn ratio of the auxiliary winding for charge.

[0128] Moreover, according to the switching power supply equipment of this invention according to claim 5, said transformer is equipped with a primary coil, a secondary coil, the auxiliary winding for sub control, and the auxiliary winding for charge. Said subswitch section and said sub control section are connected to juxtaposition at this auxiliary winding for sub control, respectively. The capacitor and the diode for charge of said subswitch section are connected to this auxiliary winding for charge. Said subswitch section consists of a configuration that the circuit where series connection of a capacitor and the diode was carried out to the circuit where parallel connection of diode and the subswitching element was carried out was connected. A charge is stored in the capacitor of said subswitch section at the time of OFF of said main switching element. After the excitation

energy accumulated in the transformer is emitted, the charge which was made to turn on a subswitching element and was stored in this capacitor is impressed to the auxiliary winding for control of a transformer. It is characterized by coming to prepare for a period until the main switching element turns on the charge of the parasitic capacitance of the main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer the sub control section controlled to sample.

[0129] Therefore, switching loss and a switching noise are improvable by extracting the charge with which the main switching element accumulated at parasitic capacitance at the time of OFF at the time just before ON. Moreover, since a subswitching element consists of switching elements of the small capacity which opens and closes a small current compared with the former, when the gate capacitance of a switching element becomes less, drive loss decreases and it can also reduce cost. Moreover, since the primary said transformer side is equipped with the diode for storing a charge in the capacitor of said subswitch section, and the auxiliary winding for charge, it can be set as the optimum value of the arbitration for sampling, just before the main switching element turns on the charge electrical potential difference of a capacitor and turns on the charge of the parasitic capacitance of the main switching element with the induced voltage of the primary coil of a transformer by changing the turn ratio of the auxiliary winding for charge.

[0130] Moreover, according to the switching power supply equipment of this invention according to claim 6, the rectification smoothing circuit side of the secondary output section of said transformer is equipped with the detecting element for detecting the load current, and it is characterized by said sub control section always considering the subswitching element of the sub control section as off control, when there is little this load current.

[0131] Therefore, loss of said transformer by the charge and discharge of the capacitor of said subswitching section when there is little load current is improvable. Moreover, since the "on" period of the main switching element becomes short and the charge electrical potential difference of the capacitor of

the subswitching section falls when there is little load current, the problem it becomes impossible to fully sample the charge of the parasitic capacitance of the main switching element is improvable.

[0132] Moreover, according to the switching power supply equipment of this invention according to claim 7, it is characterized by coming to consist of the detecting element for detecting said load current circuits which used the comparator.

[0133] Therefore, the detecting element for detecting said load current can be realized by easy circuitry, and space-saving-izing of a circuit and low cost-ization can be attained.

[0134] Moreover, according to the switching power supply equipment of this invention according to claim 8, the primary coil side of this transformer is equipped with the detecting element for detecting the primary current which flows through the primary coil and the main switching element of said transformer, and it is characterized by said sub control section always considering the subswitching element of the sub control section as off control, when there are few these primary currents.

[0135] Therefore, loss of said transformer by the charge and discharge of the capacitor of said subswitching section when there is little load current is improvable. Moreover, since the "on" period of the main switching element becomes short and the charge electrical potential difference of the capacitor of the subswitching section falls when there is little load current, the problem it becomes impossible to fully sample the charge of the parasitic capacitance of the main switching element is improvable.

[0136] Furthermore, according to the switching power supply equipment of this invention according to claim 9, it is characterized by the detecting element for detecting the primary current which flows through the primary coil and the main switching element of said transformer consisting of circuits which used the comparator.

[0137] Therefore, the detecting element for detecting said primary current can be

realized by easy circuitry, and space-saving-izing of a circuit and low cost-ization can be attained.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
  2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
  3. In the drawings, any words are not translated.
- 

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block circuit diagram showing the rough configuration of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is the detailed example of a circuit diagram of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 3] It is the explanatory view showing the wave of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention of operation.

[Drawing 4] It is the block circuit diagram showing the rough configuration of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 5] It is the circuit diagram showing the example of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 6] It is the explanatory view showing the wave of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention of operation.

[Drawing 7] It is the block circuit diagram showing the rough configuration of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 8] It is the explanatory view showing the wave of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention of operation.

[Drawing 9] It is the block circuit diagram showing the rough configuration of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 10] It is the explanatory view showing the wave of the switching power supply equipment concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention of operation.

[Drawing 11] It is the block circuit diagram showing the rough configuration of the switching power supply equipment of the conventional example.

[Drawing 12] It is the explanatory view showing the wave of the switching power supply equipment of the conventional example of operation.

[Drawing 13] It is the block circuit diagram showing the rough configuration of the switching power supply equipment of other conventional examples.

[Drawing 14] It is the explanatory view showing the wave of the switching power supply equipment of other conventional examples of operation.

#### [Description of Notations]

1 Switching Power Supply Equipment

11 DC Power Supply

12 The Main Switching Element (Q1)

13 Transformer

13a The primary coil of a transformer

13b The secondary coil of a transformer

13c Auxiliary winding for sub control of a transformer  
13d Auxiliary winding for charge of a transformer  
14 Rectifier Diode  
15 Smoothing Capacitor  
16 Detecting Element  
17 Insulating Transfer Section  
18 Output Terminal  
20 Main Control Section  
22 Delay Section  
26 Diode  
30 SubSwitch Section  
31 SubSwitching Element (Q2)  
32 Diode  
33 Inductor  
34 Capacitor for Charges  
35 Diode  
40 Sub Control Section  
47 Comparator  
60 Detecting Element  
64 Comparator (Comparator Circuit)  
68 Comparator (Comparator Circuit)  
80 Trigger Signal Generating Section

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

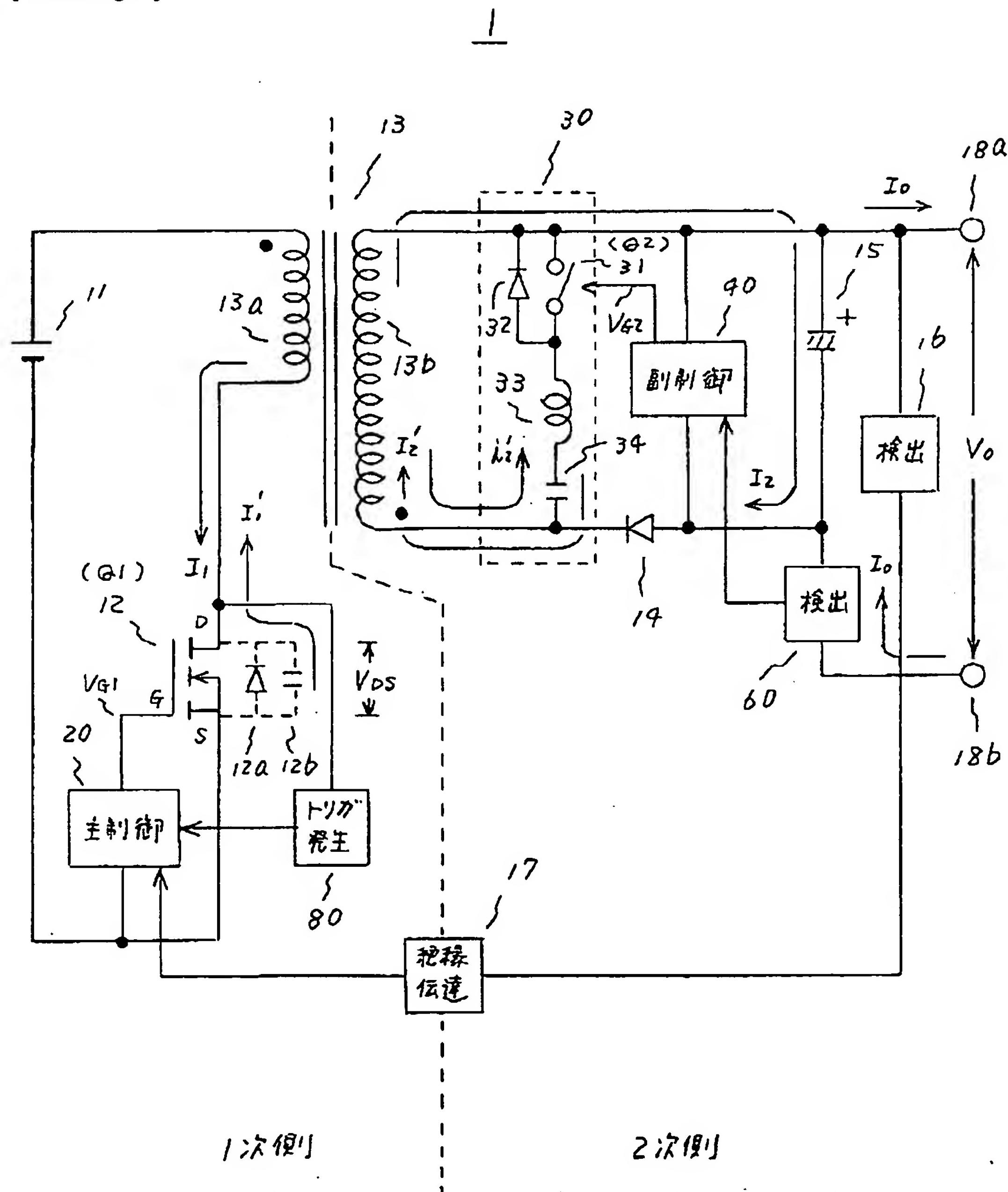
3.In the drawings, any words are not translated.

---

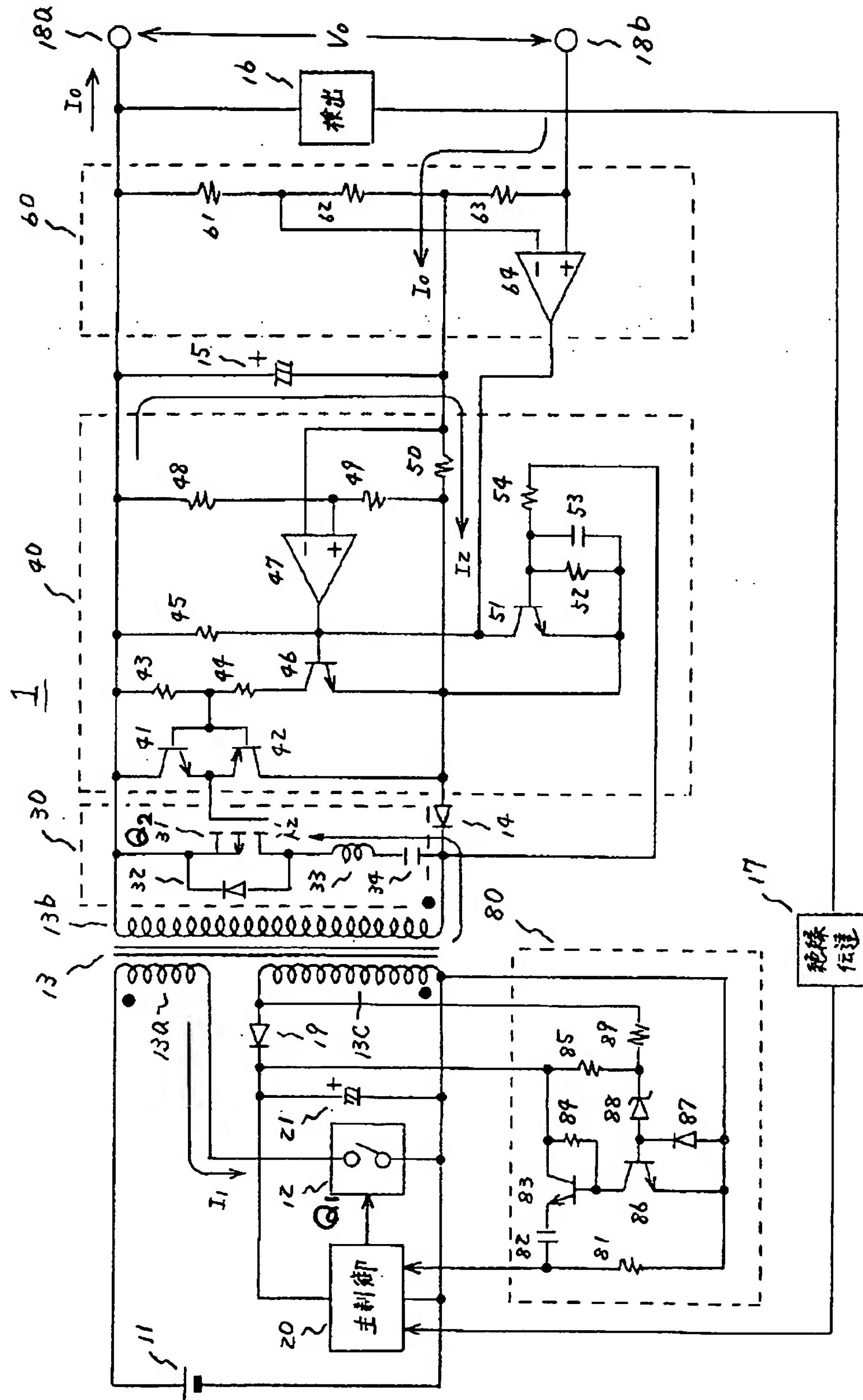
## DRAWINGS

---

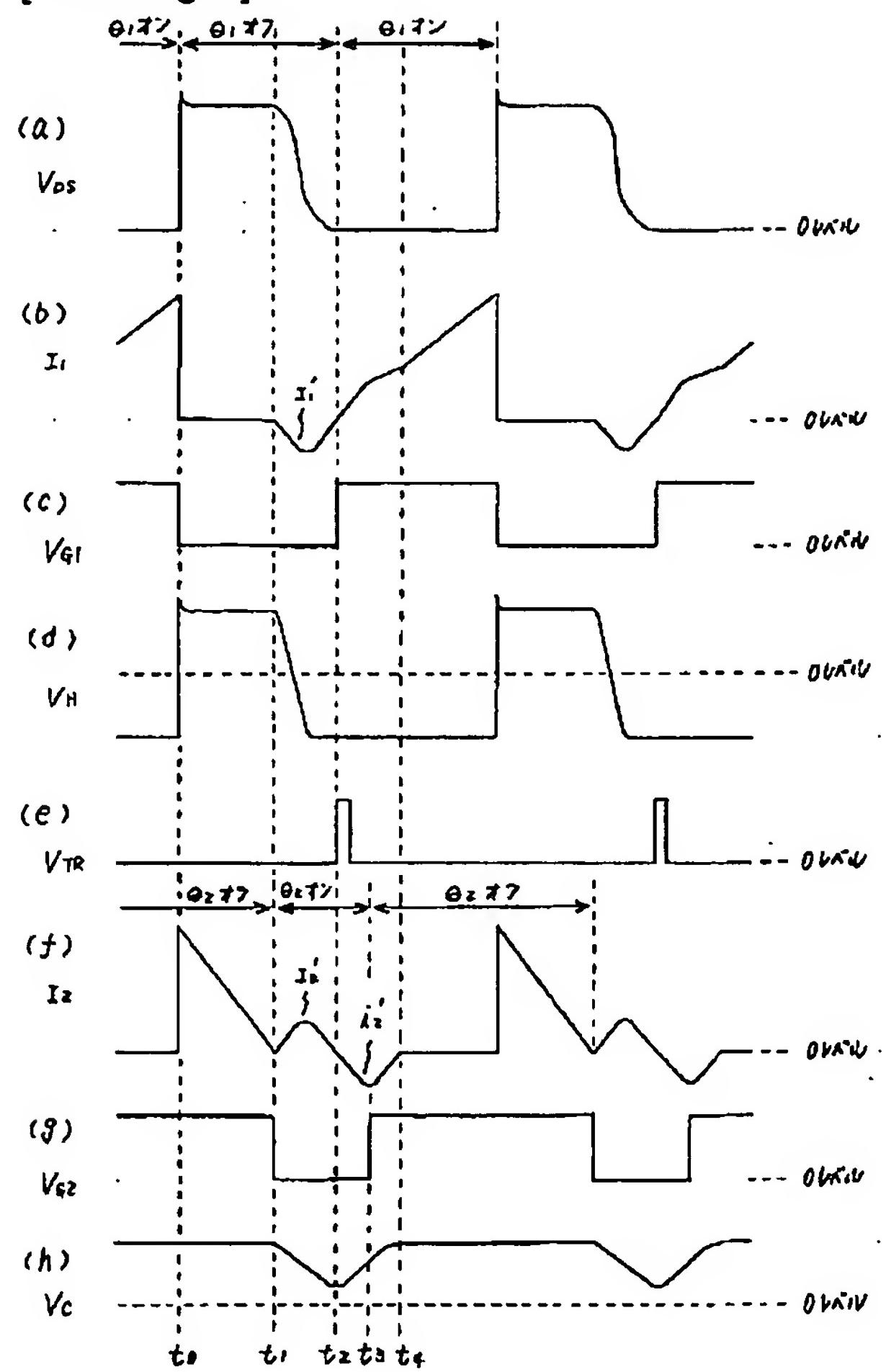
[Drawing 1]



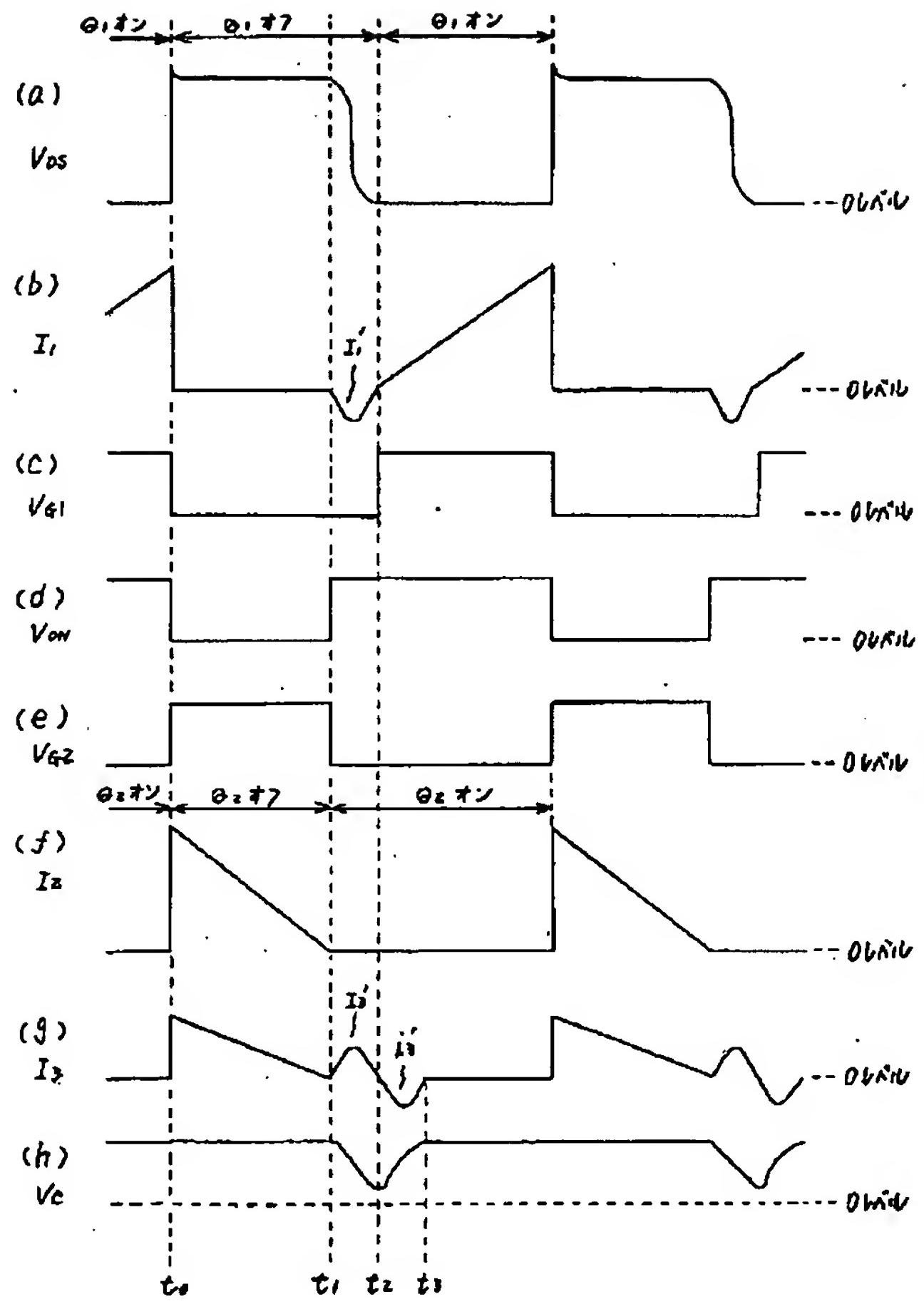
[Drawing 2]



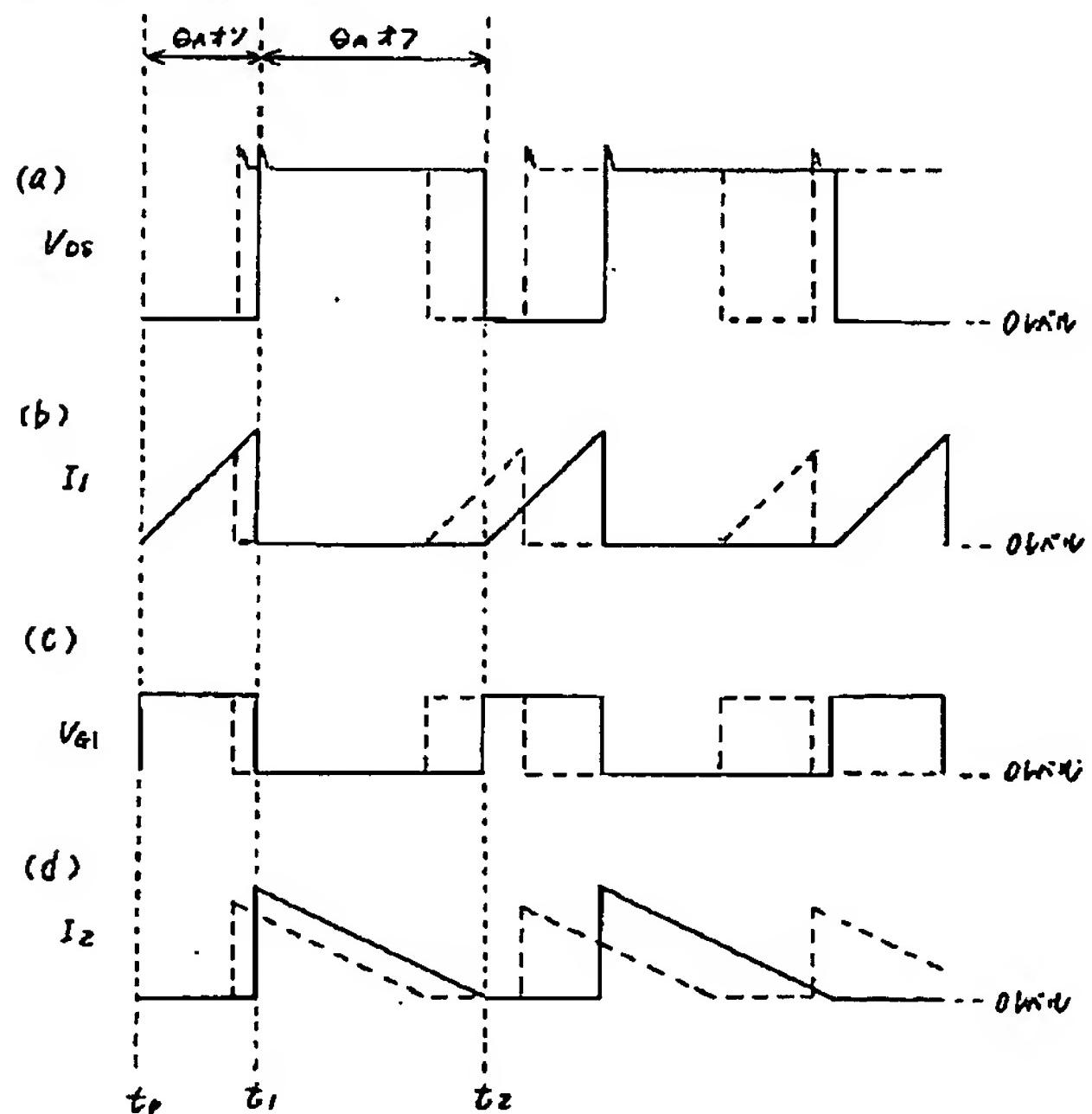
[Drawing 3]



[Drawing 6]

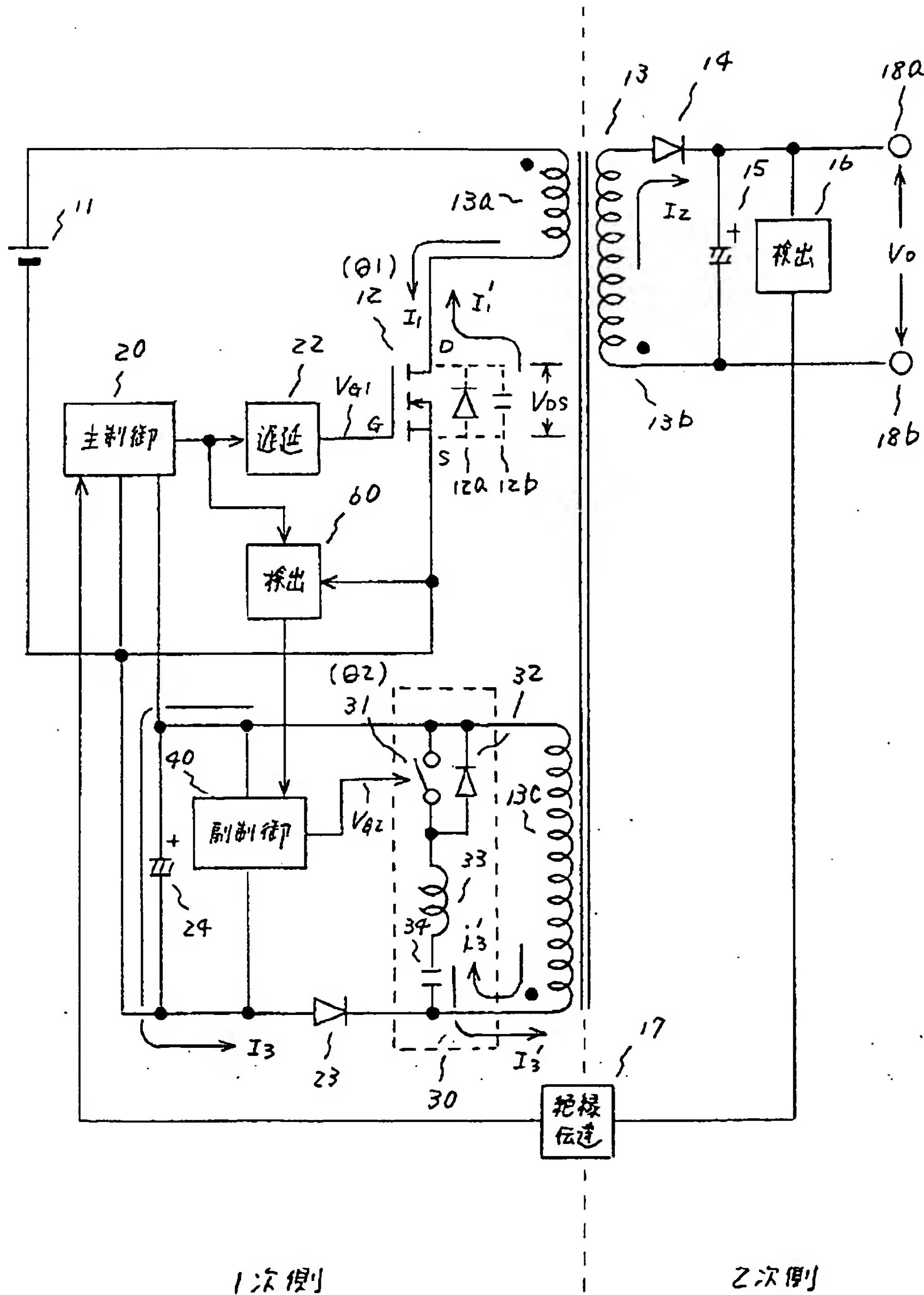


[Drawing 12]

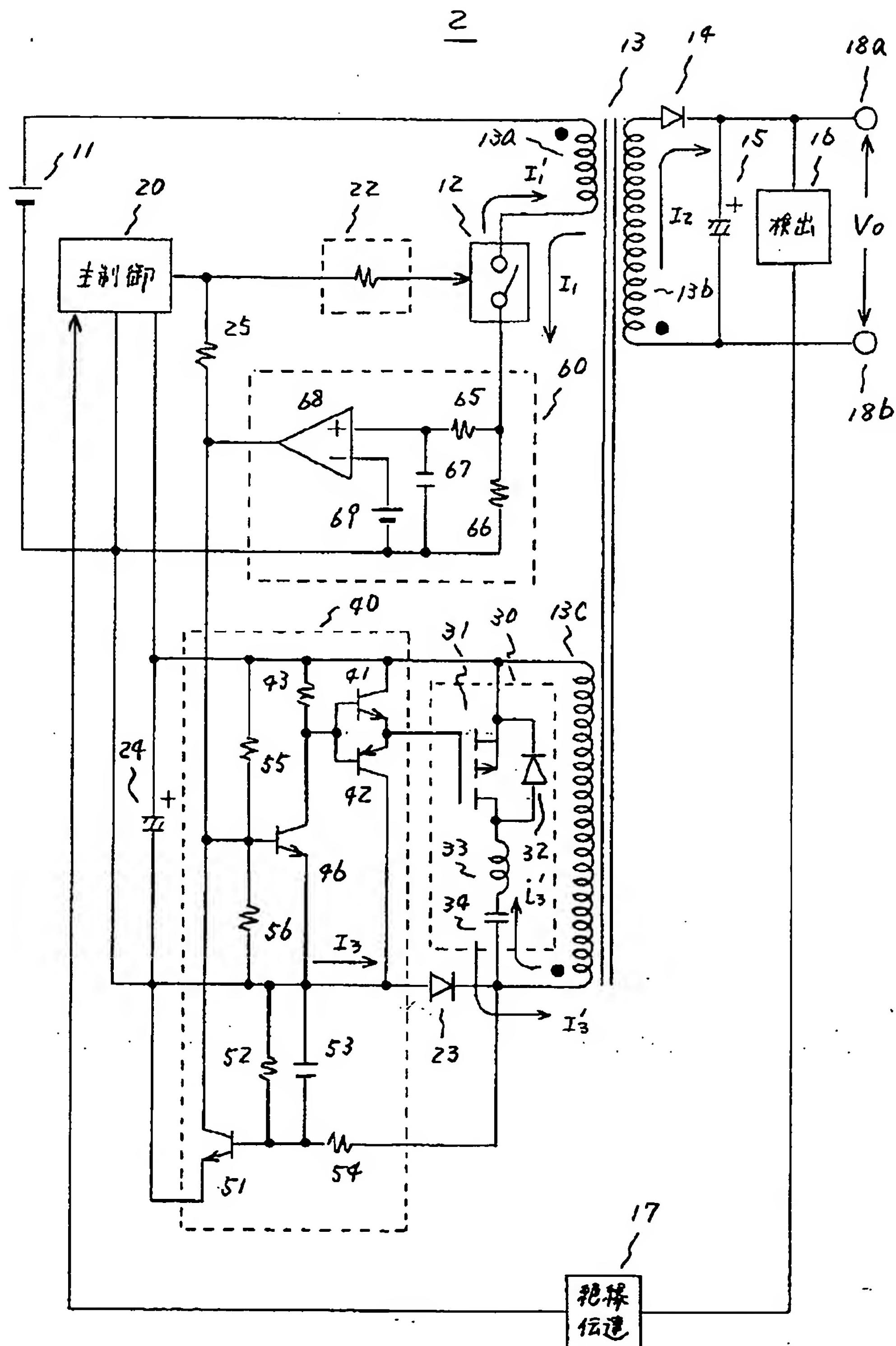


## [Drawing 4]

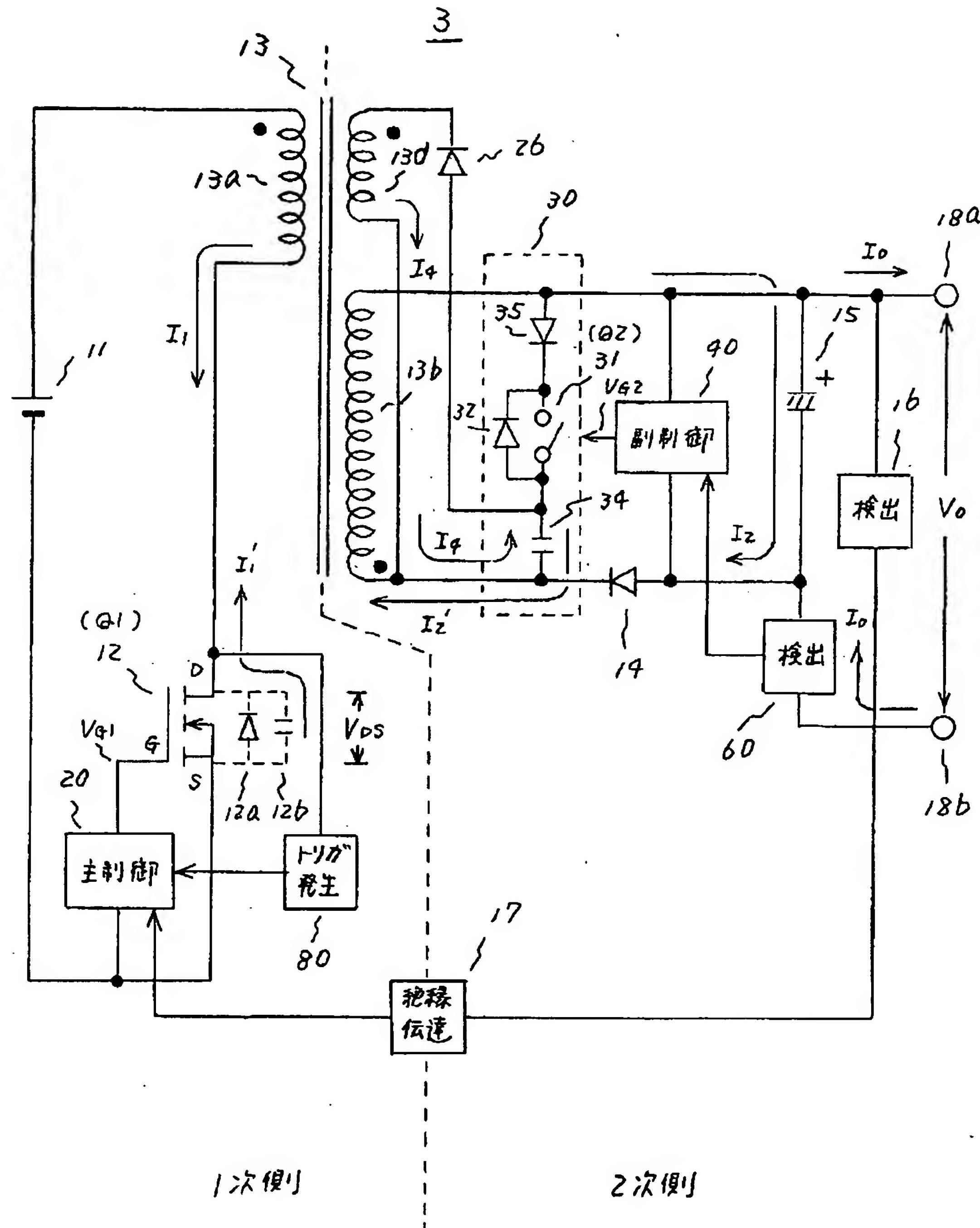
2



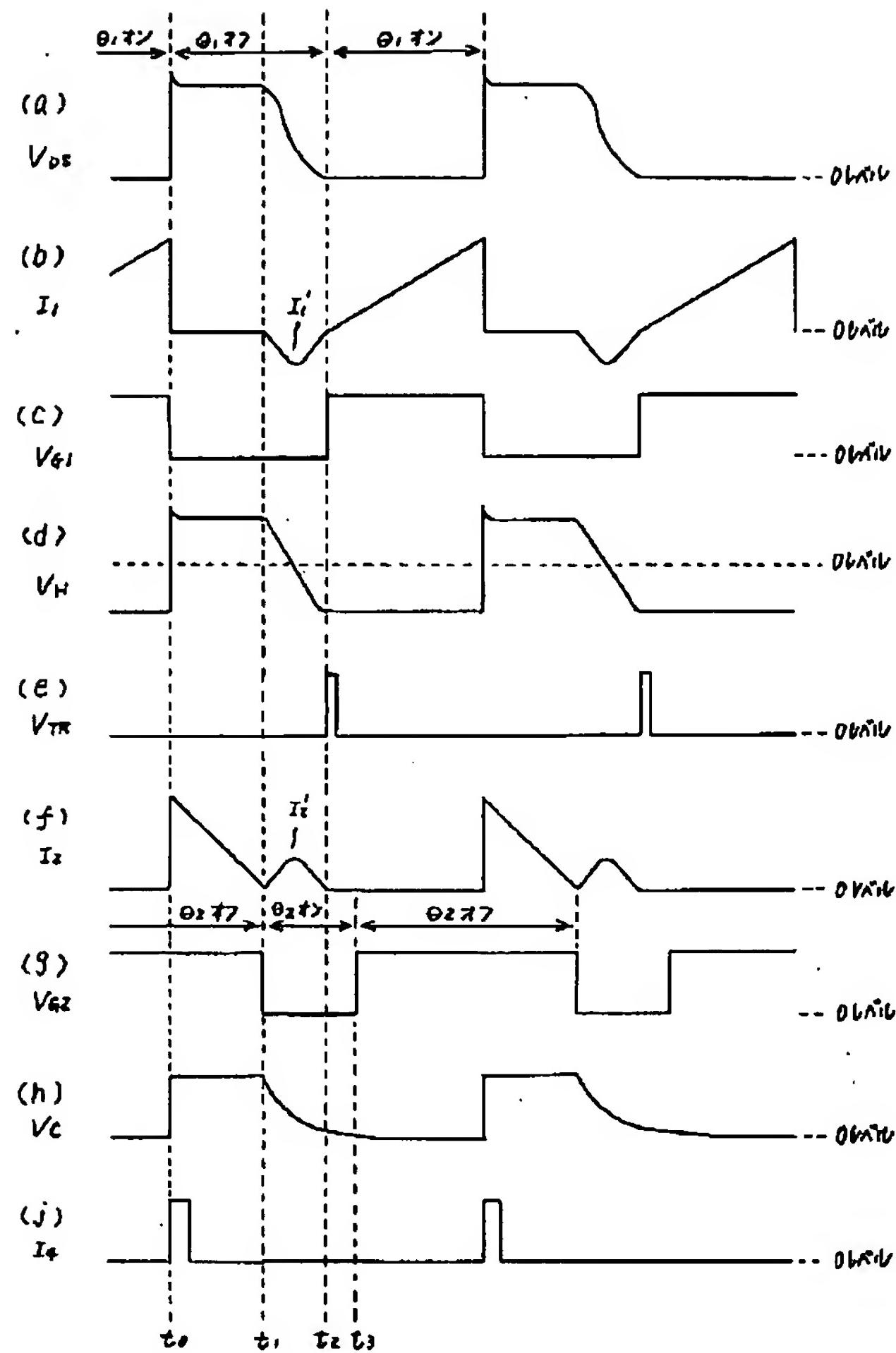
### [Drawing 5]



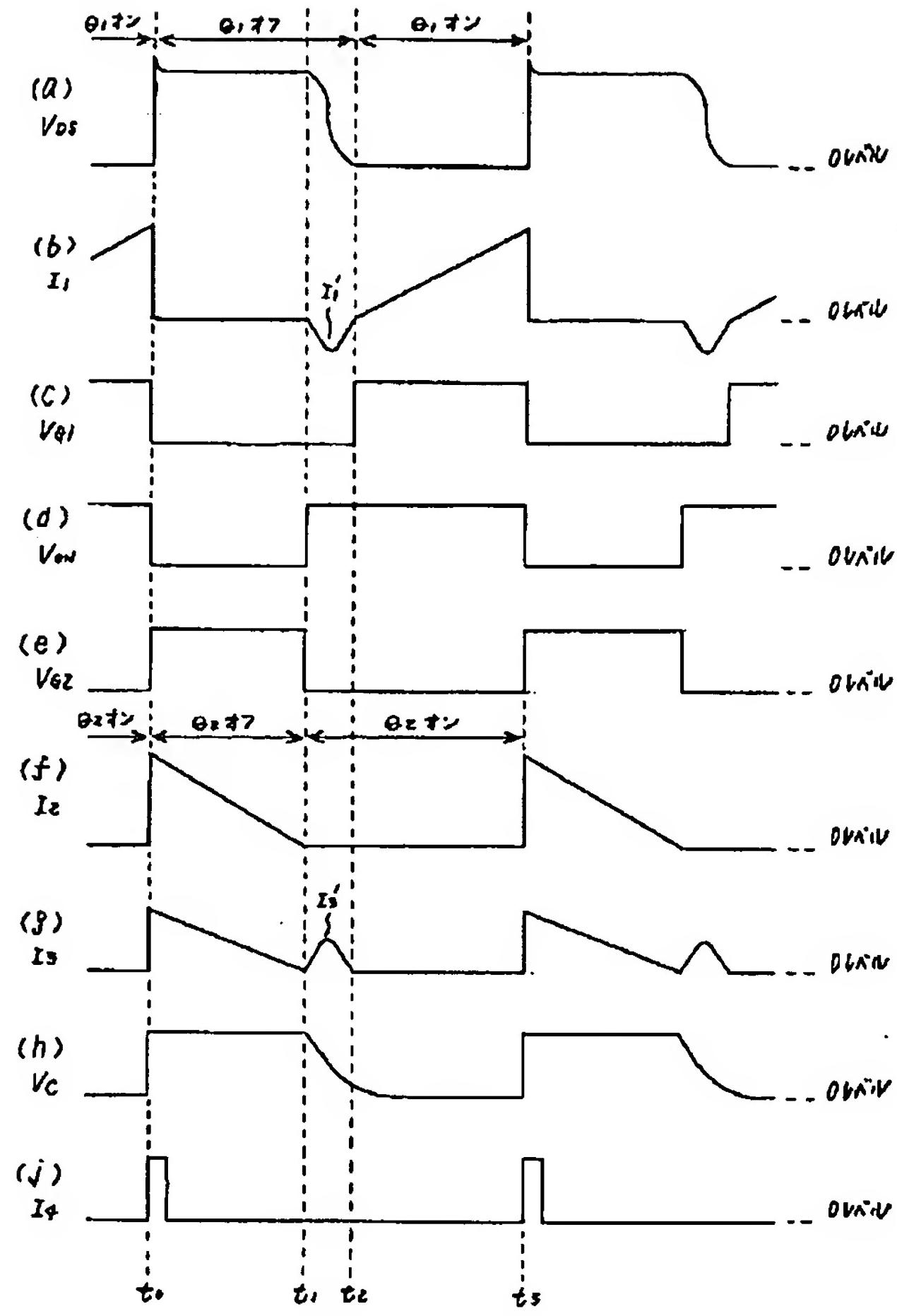
[Drawing 7]



[Drawing 8]

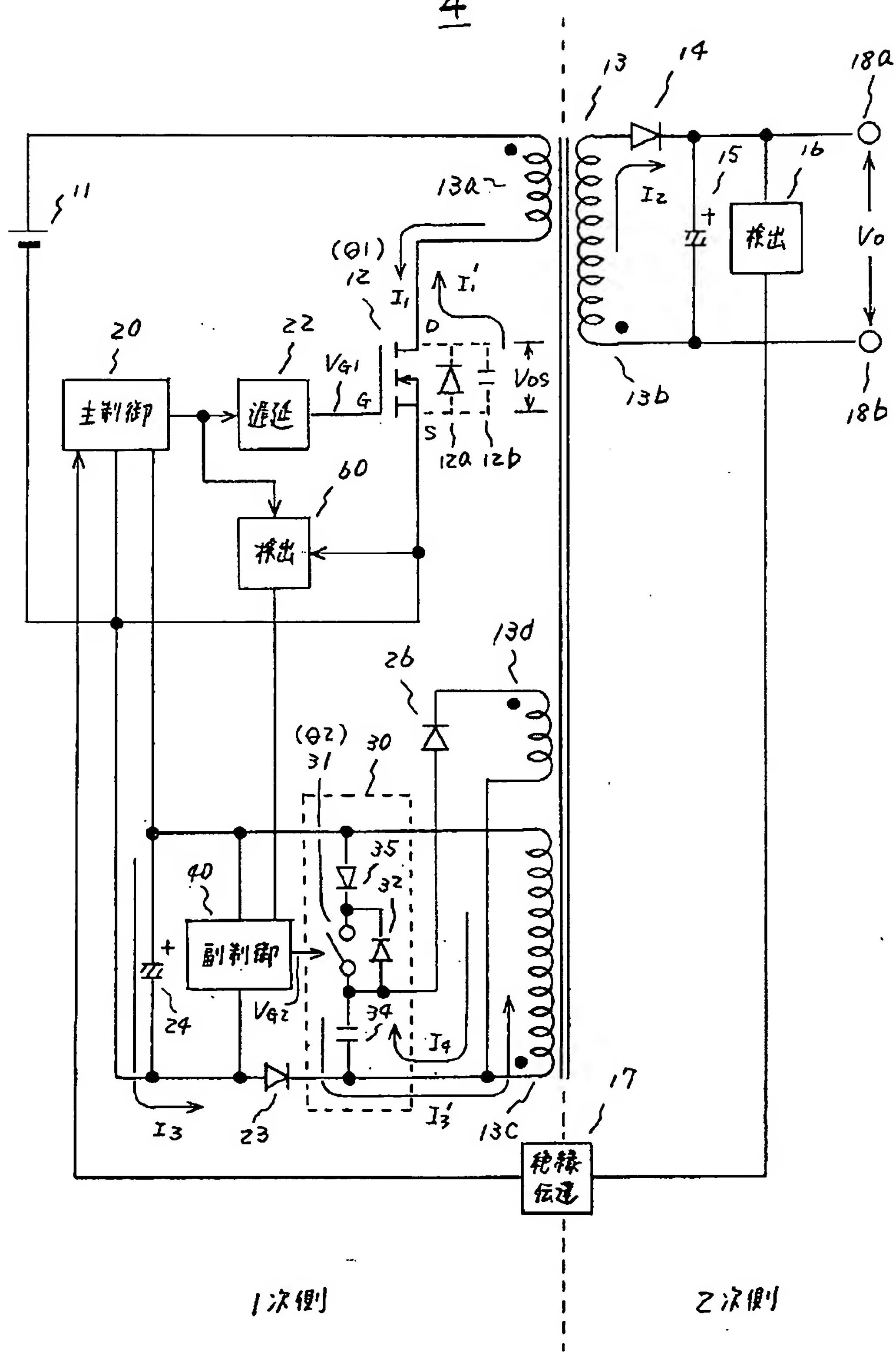


[Drawing 10]

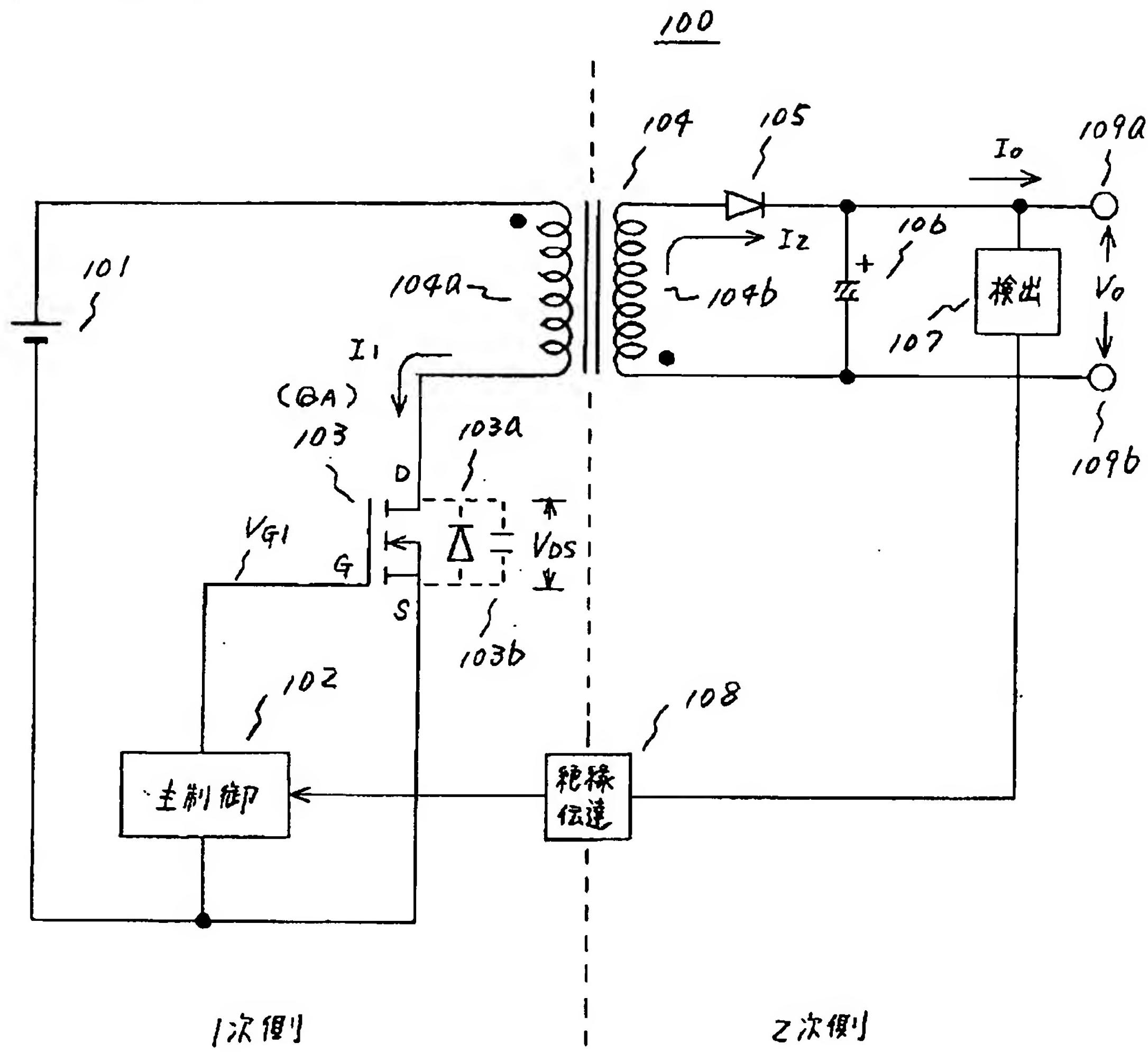


[Drawing 9]

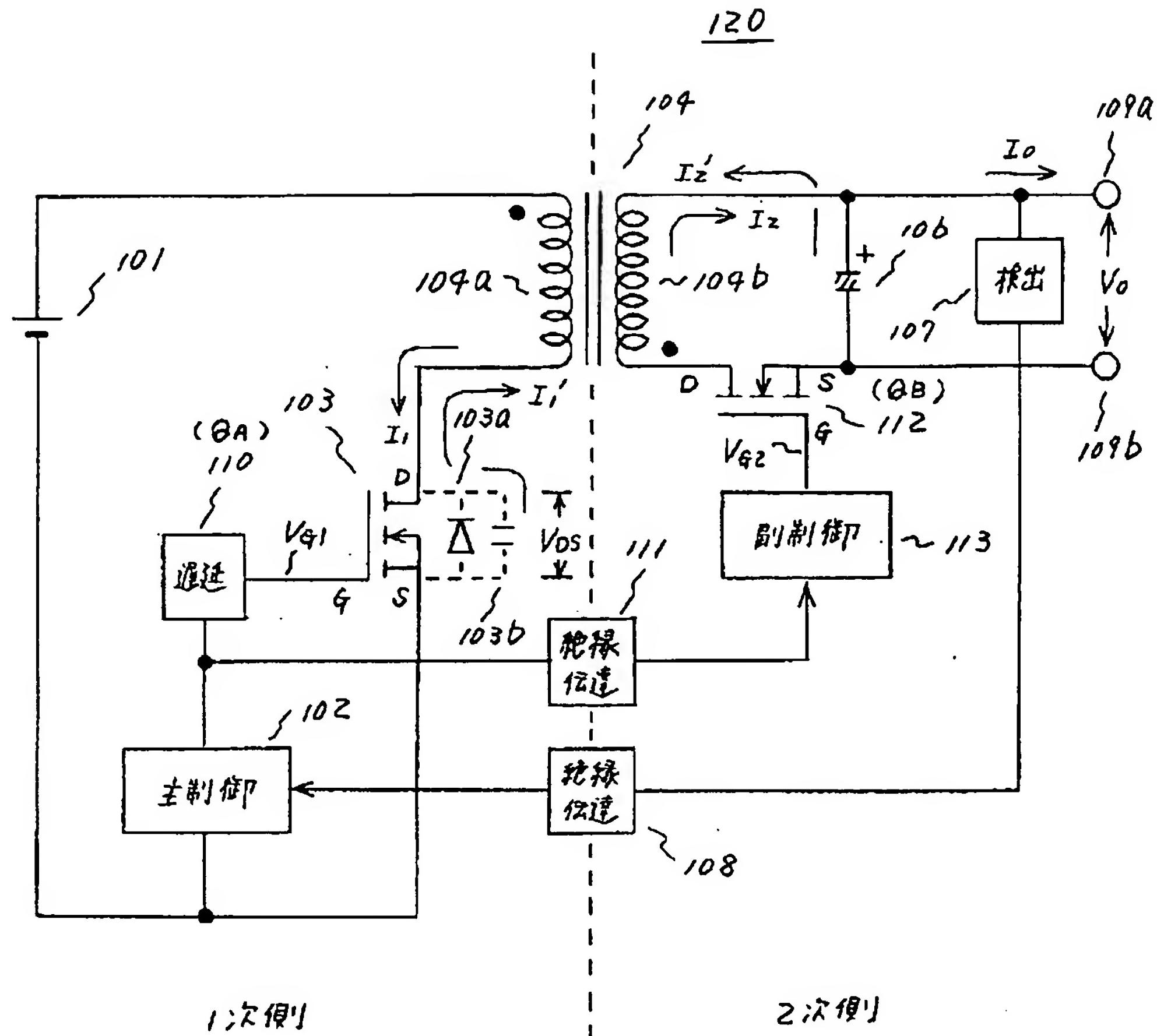
4



[Drawing 11]



[Drawing 13]



[Drawing 14]

---

[Translation done.]

1170065

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-50627

(P 2000-50627 A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000. 2. 18)

(51) Int. C1.

H 02M 3/28

識別記号

F I

H 02M 3/28

テマコード (参考)

H 5H730

F

S

審査請求 未請求 請求項の数 9

OL

(全 29 頁)

(21) 出願番号

特願平10-214954

(22) 出願日

平成10年7月30日 (1998. 7. 30)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 岡 俊幸

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72) 発明者 佐々木 正人

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(74) 代理人 100103296

弁理士 小池 隆輔

F ターム (参考) 5H730 AA14 BB43 BB57 CC01 DD04

EE02 EE07 FD01 FD24 FD31

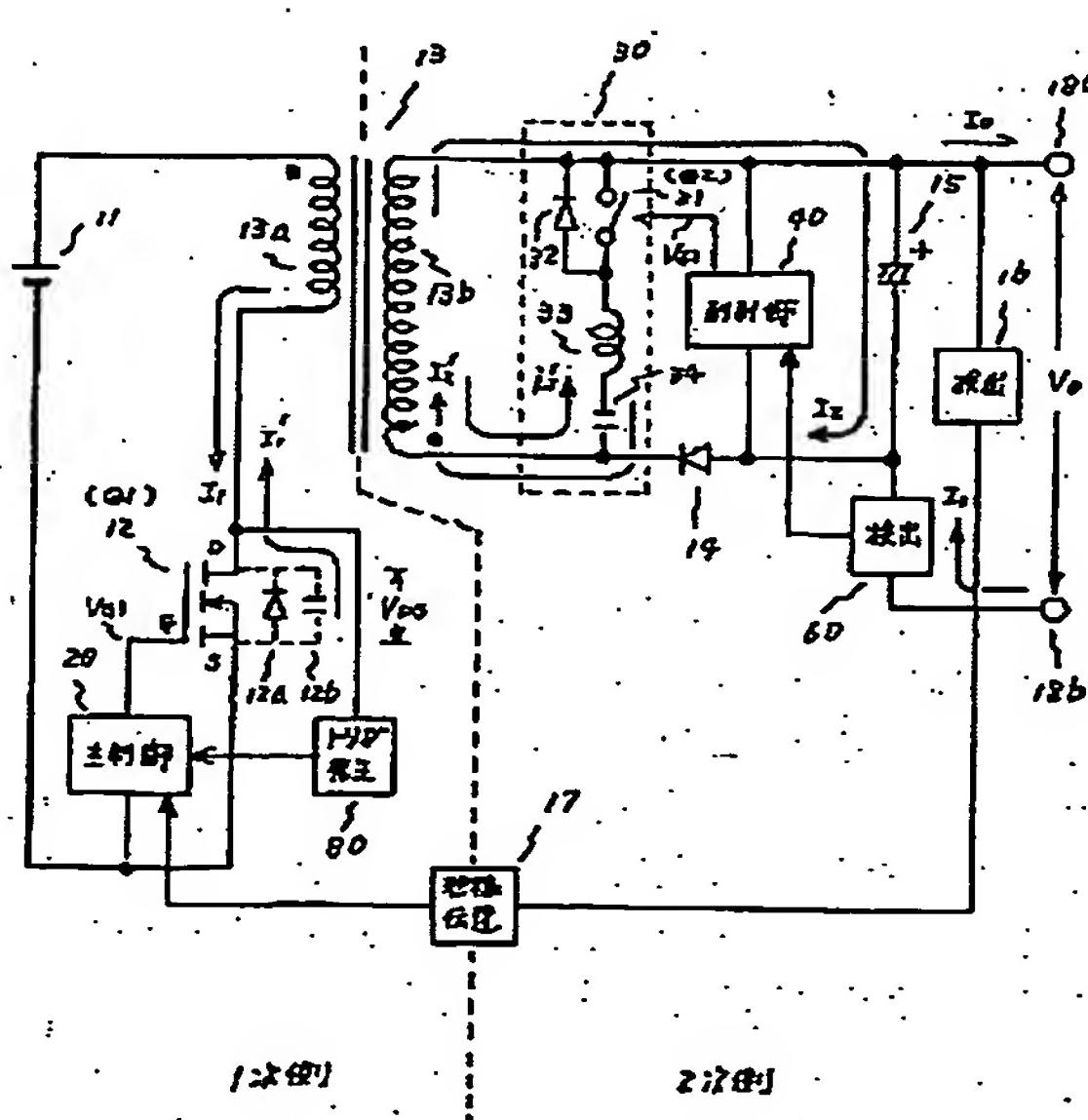
FF17 FG05

(54) 【発明の名称】スイッチング電源装置

(57) 【要約】

【課題】スイッチング電源装置の、主スイッチング素子がオン時に寄生容量にたまつた電荷がショートすることにより発生するスイッチング損失及びスイッチングノイズの改善を図る。

【解決手段】入力電圧をオン・オフ制御する主スイッチング素子と、少なくとも1次巻線と2次巻線を備えたトランスと、トランスの1次巻線に該主スイッチング素子が接続され、トランスの2次巻線に整流平滑回路と、該整流平滑回路の出力が一定となるように該主スイッチング素子をオン・オフ制御する主制御部を備えたスイッチング電源装置において、副スイッチング素子とコンデンサとを含む副スイッチ部を有し、副スイッチング素子を制御して該副スイッチ部のコンデンサに蓄えられた電荷を該トランスを介して該主スイッチング素子に供給し、該主スイッチング素子の寄生容量の電荷を抜き取る動作を含むことを特徴とするものである。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力電圧をオン・オフ制御する主スイッチング素子と、少なくとも1次巻線と2次巻線を備えたトランスと、トランスの1次巻線に該主スイッチング素子が接続され、トランスの2次巻線に整流平滑回路と、該整流平滑回路の出力が一定となるように該主スイッチング素子をオン・オフ制御する主制御部を備えたスイッチング電源装置において、副スイッチング素子とコンデンサとを含む副スイッチ部を有し、副スイッチング素子を制御して該副スイッチ部のコンデンサに蓄えられた電荷を該トランスを介して該主スイッチング素子に供給し、該主スイッチング素子の寄生容量の電荷を抜き取る動作を含むことを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項2】 請求項1記載のスイッチング電源装置において、前記トランスの2次巻線には副スイッチ部と副制御部とが接続され、

前記副スイッチ部はダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサとインダクタとが直列接続された回路が接続された構成からなり、該副制御部は前記主スイッチング素子がオン時に該副スイッチ部の該コンデンサに電荷を蓄え、主スイッチング素子がオンする迄の期間に、該トランスを介して前記コンデンサの該電荷により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を抜き取るように動作させることを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項3】 請求項1記載のスイッチング電源装置において、前記トランスは副制御用補助巻線を備え、

前記副スイッチ部と前記副制御部が前記トランスの該補助巻線にそれぞれ並列に接続され、前記副スイッチ部はダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサとインダクタとが直列接続された回路が接続された構成からなり、前記主スイッチング素子がオンする迄の期間に前記副スイッチ部のコンデンサに電荷を蓄え、

前記主スイッチング素子のオフ時にトランスに蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子をオンさせて前記コンデンサに蓄えられていた電荷をトランスの副制御用補助巻線に印加し、トランスの1次巻線の誘起電圧により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を、前記主スイッチング素子がオンする迄の期間に、抜き取るように制御する副制御部と、

を備えてなることを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項4】 請求項1記載のスイッチング電源装置において、

前記トランスは1次巻線と2次巻線と充電用補助巻線とを備え、

該充電用補助巻線には前記副スイッチ部のコンデンサと充電用ダイオードが接続され、

前記トランスの2次巻線には前記副スイッチ部と前記副制御部がそれぞれ並列に接続され、

前記副スイッチ部にはダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサが直列接続され、前記主スイッチング素子のオフ時に前記副スイッチ部の

コンデンサに電荷を蓄え、トランスに蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子をオンさせて前記コンデンサに蓄えられていた電荷をトランスの2次巻線に印加し、トランスの1次巻線の誘起電圧により前記主スイッチング素子の寄生容量の電荷を、主スイッチング素子がオンする迄の期間に、抜き取るように制御する副制御部と、

を備えてなることを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項5】 請求項1記載のスイッチング電源装置において、

前記トランスは1次巻線と2次巻線と副制御用補助巻線と充電用補助巻線とを備え、

該副制御用補助巻線には前記副スイッチ部と前記副制御部とがそれぞれ並列に接続され、

該充電用補助巻線には前記副スイッチ部のコンデンサと充電用ダイオードとが接続され、

前記副スイッチ部はダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサとダイオードとが直列接続された回路が接続された構成からなり、

前記主スイッチング素子のオフ時に前記副スイッチ部の

コンデンサに電荷を蓄え、トランスに蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子をオンさせ該コンデンサに蓄えられた電荷をトランスの制御用補助巻線に印加し、トランスの1次巻線の誘起電圧により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を、主スイッチング素子がオンする迄の期間に、抜き取るように制御する副制御部と、

を備えてなることを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項6】 請求項2または請求項4記載のスイッチング電源装置において、

負荷電流を検出するための検出部を前記トランスの2次側出力部の整流平滑回路側に備え、

前記副制御部は該負荷電流が少ない場合には副制御部の副スイッチング素子を常にオフ制御とすることを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項7】 請求項6記載のスイッチング電源装置において、

前記負荷電流を検出するための検出部はコンパレータを用いた回路で構成されてなることを特徴とするスイッチング電源装置。

50 【請求項8】 請求項3または請求項5記載のスイッチ

ング電源装置において、

前記トランスの1次巻線と主スイッチング素子を介して流れる1次電流を検出するための検出部を該トランスの1次巻線側に備え、

前記副制御部は該1次電流が少ない場合には副制御部の副スイッチング素子を常にオフ制御とすることを特徴とするスイッチング電源装置。

【請求項9】 請求項8記載のスイッチング電源装置において、

前記トランスの1次巻線と主スイッチング素子を介して流れる1次電流を検出するための検出部はコンパレータを用いた回路で構成されてなることを特徴とするスイッチング電源装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、産業用や民生用の機器に直流安定化電圧を供給するスイッチング電源装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図11は、従来例のスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図、図12は、従来例のスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。以下、図11と図12を用い、従来の技術を説明する。

【0003】 図11の従来例のスイッチング電源装置100は、以下の構成からなる。直流電源101は、交流電源を整流平滑して得られた生の直流電源であり、スイッチング電源装置100の入力電源である。直流電源101は、トランス104の1次巻線104aに、主スイッチング素子103を介して供給される。主スイッチング素子103は、MOSFETで構成し、ゲートに印加される主制御部102のオン・オフ信号により、オン・オフ制御され、直流電源101からの入力電圧を、1次巻線104aに印加したり、遮断したりする。103aは、主スイッチング素子103のドレン・ソース間に寄生する寄生ダイオード、103bはドレン・ソース間に寄生する寄生容量を表している。2次巻線104bの誘起電圧は、整流ダイオード105により整流された後、平滑コンデンサ106により平滑されて、出力電圧として出力端子109a、109bより出力される。

【0004】 また、検出部107は、前記出力電圧を基準電圧と比較し、比較結果を比較信号として、絶縁伝達部108を介して、主制御部102にフィードバックされる。主制御部102は、検出部107からの比較信号に基づいて、主スイッチング素子103のオン期間を制御することで、出力電圧の安定化を行っている。絶縁伝達部108は、トランス104の1次巻線104a側と2次巻線104b側を絶縁するとともに、検出部107からの比較信号を主制御部102に伝達する。即ち、スイッチング電源装置100は、トランス104と絶縁伝

達部108により、1次巻線104a側（1次側）と2次巻線104b側（2次側）とに分離されている。図11のように構成されたスイッチング電源装置100の動作を図12の動作波形図を用いてさらに詳細に説明する。

【0005】 以下の説明で、主スイッチング素子103を「スイッチング素子QA」と標記する。図12において、(a)はスイッチング素子QAのドレン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>、(b)はトランス104の1次巻線104a側1次電流I<sub>1</sub>、(c)はスイッチング素子QAのゲート電圧V<sub>G1</sub>、(d)はトランス104の2次巻線104b側2次電流I<sub>2</sub>、の各波形を横軸に共通の時間軸をとって表してある。

【0006】 各時間軸に沿って説明する。

(1) 期間t<sub>0</sub> - t<sub>1</sub>間の動作 (QAオン)

主制御部102からのオン信号により、スイッチング素子QAのゲート電圧V<sub>G1</sub>は「H」となり、スイッチング素子QAはオンし、ドレン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>は、ほぼゼロである。直流電源101より供給された入力電圧は、トランス104の1次巻線104aに印加され、スイッチング素子QAがオンすることにより、トランス104の1次巻線104aに1次電流I<sub>1</sub>が流れ、トランス104に磁束が発生し、エネルギーが蓄積される。このとき、トランス104の2次巻線104bに誘起電圧が発生するが、整流ダイオード105を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス104の2次巻線104b側2次電流I<sub>2</sub>は流れない。

【0007】 (2) 期間t<sub>1</sub> - t<sub>2</sub>間の動作 (QAオフ)

主制御部102からのオフ信号により、スイッチング素子QAのゲート電圧V<sub>G1</sub>は「L」となり、スイッチング素子QAがオフしドレン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>は「H」、前記1次電流I<sub>1</sub>はゼロとなる。スイッチング素子QAがオフすることにより、前記1次巻線104aに誘起電圧が発生すると同時に、前記2次巻線104bにも誘起電圧が発生し、整流ダイオード105を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス104に蓄積されたエネルギーが前記2次巻線104bを介して2次電流I<sub>2</sub>として放出され、整流ダイオード105により整流された後、平滑コンデンサ106により平滑されて、出力電圧V<sub>o</sub>として出力端子109a、109bに供給される。トランス104に蓄積されたエネルギーが放出されるにともない、2次電流I<sub>2</sub>は減少し、時刻t<sub>2</sub>でゼロになると、前記1次巻線104a、2次巻線104bの誘起電圧はなくなる。このとき、主制御部102からのオン信号により、スイッチング素子QAのゲート電圧V<sub>G1</sub>は「H」となり、スイッチング素子QAは再びオンし、上記(1)、(2)の動作が繰り返されることで、出力電圧V<sub>o</sub>は連続的に出力端子109a、109bに供給される。

【0008】また、図12において、実線は出力端子109a、109bより出力電流 $I_o$ が多く流れ出ているときで、いわゆる重負荷時の電圧値、電流値を示し、点線は出力端子109a、109bより出力電流 $I_o$ が少なく流れ出ているときで、いわゆる軽負荷時の電圧値、電流値を示している。検出部107は、出力電圧 $V_o$ と基準電圧とを比較し、比較結果を比較信号として、絶縁伝達部108を介して、主制御部102にフィードバックする。主制御部102は、前記比較信号に基づいてスイッチング素子 $Q_A$ のオン期間（期間 $t_0 - t_1$ 間）を、重負荷時には長く、軽負荷時には短くなるように、制御することにより、出力電圧 $V_o$ は、直流電源101からの入力電圧及び出力電流 $I_o$ の変動対しても、スイッチング素子 $Q_A$ のオン期間（期間 $t_0 - t_1$ 間）が変化して、常に一定に保たれる。

【0009】一般にスイッチング電源装置100は、スイッチング素子 $Q_A$ のスイッチング周波数が高くなるにつれて、トランス104及び平滑コンデンサ106を小型化出来る。従って、スイッチング電源装置100を小型にするためには、スイッチング周波数の更なる高周波化が要求される。ところがスイッチング周波数を上げると、スイッチング素子 $Q_A$ 及び整流ダイオード105のスイッチング損失が増加するとともに、高周波帯域でスイッチングノイズが発生し、発熱及びノイズ障害が大きな問題となる。特に、スイッチング素子 $Q_A$ の寄生容量103bには、スイッチング素子 $Q_A$ のオフ時に電荷が蓄えられ、スイッチング素子 $Q_A$ のオン時に寄生容量103bに蓄えられた電荷がショートされるため、最も大きな損失及びノイズの発生となる。そこで、従来から、スイッチング素子 $Q_A$ がオンする前に寄生容量103bに蓄えられた電荷を共振によって引き抜く方式、即ち、「2次側回生による部分共振回路方式」が提案されている。

【0010】以下、図13と図14を用い、上記の「2次側回生による部分共振回路方式」について説明する。

【0011】図13は他の従来例のスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図、図14は他の従来例のスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。図13に示す他の従来例のスイッチング電源装置120は、以下の構成からなる。先に説明した図11と同じ部分には同じ記号を付けると、図11と比較して、整流ダイオード105が削除され、遅延部110、絶縁伝達部111、副スイッチング素子112、副制御部113が追加されている点が異なる。

【0012】直流電源101は、交流電源を整流平滑して得られた生の直流電源であり、スイッチング電源装置120の入力電源である。直流電源101はトランス104の1次巻線104aに主スイッチング素子103を介して供給される。主スイッチング素子103はMOSFETで構成され、遅延部110を介してゲートに印加

される主制御部102のオン・オフ信号により、オン・オフ制御され、直流電源101からの入力電圧を1次巻線104aに印加したり遮断したりする。103aは主スイッチング素子103のドレイン・ソース間に寄生する寄生ダイオード、103bはドレイン・ソース間に寄生する寄生容量を表す。2次巻線104bの誘起電圧は副スイッチング素子112がオン時に、平滑コンデンサ106により平滑されて出力電圧として出力端子109a、109bより出力される。副スイッチング素子112はMOSFETで構成される。

【0013】また、検出部107は前記出力電圧を基準電圧と比較し、比較結果は比較信号として絶縁伝達部108を介して主制御部102にフィードバックされる。主制御部102は検出部107からの比較信号に基づいて、主スイッチング素子103のオン期間を制御することで、出力電圧の安定化を行っている。また、主制御部102は絶縁伝達部111を介して副制御部113に副スイッチング素子112のオン・オフ信号を出し、副制御部113は主制御部102からのオン・オフ信号に基づいて副スイッチング素子112のオン・オフを制御する。絶縁伝達部108、111はトランス104の1次巻線104a側と2次巻線104b側を絶縁するとともに、絶縁伝達部108は検出部107からの比較信号を主制御部102に伝達し、絶縁伝達部111は主制御部102からのオン・オフ信号を副制御部113に伝達する。即ち、スイッチング電源装置120はトランス104と絶縁伝達部108、111により、1次巻線104a側（1次側）と2次巻線104b側（2次側）とに分離されている。

【0014】図13のように構成されたスイッチング電源装置120の動作を図14の動作波形図を用いてさらに詳細に説明する。

【0015】以下の説明で、主スイッチング素子103を「スイッチング素子 $Q_A$ 」と標記し、副スイッチング素子112を「スイッチング素子 $Q_B$ 」と標記する。図14において、(a)はスイッチング素子 $Q_A$ のドレン・ソース間電圧 $V_{DS}$ 、(b)はトランス104の1次巻線104a側1次電流 $I_1$ 、(c)はスイッチング素子 $Q_A$ のゲート電圧 $V_{G1}$ 、(d)はトランス104の2次巻線104b側2次電流 $I_2$ 、(e)はスイッチング素子 $Q_B$ のゲート電圧 $V_{G2}$ 、の各波形を横軸に共通の時間軸をとって表してある。

【0016】各時間軸に沿って説明する。

(1) 期間 $t_0 - t_1$ 間の動作 ( $Q_A$ オン、 $Q_B$ オフ)  
主制御部102からのオン信号によりスイッチング素子 $Q_A$ のゲート電圧 $V_{G1}$ は「H」となり、スイッチング素子 $Q_A$ はオンしドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は、ほぼゼロである。直流電源101より供給された入力電圧は、トランス104の1次巻線104aに印加され、スイッチング素子 $Q_A$ がオンすることにより、トランス104

の1次巻線104aに1次電流 $I_1$ が流れ、トランス104に磁束が発生しエネルギーが蓄積される。このときトランス104の2次巻線104bに誘起電圧が発生するが、スイッチング素子 $Q_B$ がオフしているため、トランス104の2次巻線104b側2次電流 $I_2$ は流れない。

【0017】(2)期間 $t_1-t_2$ 間の動作( $Q_A$ オフ、 $Q_B$ オン)

主制御部102からのオフ信号によりスイッチング素子 $Q_A$ のゲート電圧 $V_{G1}$ は「L」となり、スイッチング素子 $Q_A$ がオフしドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は「H」、前記1次電流 $I_1$ はゼロとなる。スイッチング素子 $Q_A$ がオフすることにより、前記1次巻線104aに誘起電圧が発生すると同時に、前記2次巻線104bにも誘起電圧が発生する。スイッチング素子 $Q_B$ は、時刻 $t_1$ で副制御部113からのオン信号によりオンしているため、トランス104に蓄積されたエネルギーが前記2次巻線104bを介して2次電流 $I_2$ として放出され、平滑コンデンサ106により平滑されて出力電圧 $V_o$ として出力端子109a、109bに供給される。トランス104に蓄積されたエネルギーが放出されるにともない、2次電流 $I_2$ は減少し時刻 $t_2$ でゼロになると、前記1次巻線104a、2次巻線104bの誘起電圧はなくなる。

【0018】(3)期間 $t_2-t_3$ 間の動作( $Q_A$ オフ、 $Q_B$ オン)

トランス104に蓄積されたエネルギーが全て放出され、2次電流 $I_2$ が時刻 $t_2$ でゼロになると、すでにオンしているスイッチング素子 $Q_B$ を介して平滑コンデンサ106の両端電圧、即ち出力電圧 $V_o$ は前記2次巻線104bに印加されるため、平滑コンデンサ106から上記(2)と逆方向に2次電流 $I_{2'}$ が流れ、トランス104には、前記とは逆方向の磁束が発生しエネルギーが蓄積される。この状態ではトランス104の各巻線に発生する誘起電圧の極性は変化しない。

【0019】(4)期間 $t_3-t_4$ 間の動作( $Q_A$ オフ、 $Q_B$ オフ)

時刻 $t_3$ で副制御部113からのオフ信号によりスイッチング素子 $Q_B$ のゲート電圧 $V_{G2}$ は「L」となり、スイッチング素子 $Q_B$ がオフする。スイッチング素子 $Q_B$ がオフすると前記2次電流 $I_{2'}$ はゼロとなり、トランス104の各巻線に発生する誘起電圧の極性が反転するため、トランス104の1次巻線104aの誘起電圧には、直流電源101の接続端を正電圧に、スイッチング素子 $Q_A$ の接続端を負電圧にする方向に発生するため、スイッチング素子 $Q_A$ の寄生容量103bにたまつた電荷を引き抜く(放電させる)方向に1次電流 $I_{1'}$ が流れ、寄生容量103bの電荷が放出されるにともない、1次電流 $I_{1'}$ は減少し時刻 $t_4$ でゼロになる。このとき主制御部102からのオン信号によりスイッチング素子 $Q_A$ のゲート電圧 $V_{G1}$ は「H」となり、スイッチング素

子 $Q_A$ は再びオンし、上記(1)から(4)の動作が繰り返されることで、出力電圧 $V_o$ は連続的に出力端子109a、109bに供給される。また、遅延部110は時刻 $t_3$ でスイッチング素子 $Q_B$ がオフした後、時刻 $t_4$ まで遅らせて、スイッチング素子 $Q_A$ をオンさせるよう動作する。

【0020】上記で説明したように、スイッチング素子 $Q_A$ は、常に寄生容量103bにたまつた電荷が引き抜かれ、スイッチング素子 $Q_A$ のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ がゼロになった時点でオンとなるようにスイッチングするため、前記図11に示すスイッチング電源装置の問題点であったスイッチング素子 $Q_A$ がオン時に寄生容量103bにたまつた電荷がショートされることによるスイッチング損失及びスイッチングノイズが解消される。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これら従来の技術のスイッチング電源装置は、次のような問題点があった。

【0022】前記図13に示す「2次側回生による部分共振回路方式」を採用したスイッチング電源装置においては、トランス2次側の副スイッチング素子は、大電流を開閉する大容量のスイッチング素子が必要であり、スイッチング素子のゲート容量が増えることによるドライブ損失が生じる。また、逆励磁の期間(図14の期間 $t_2-t_3$ で2次電流 $I_{2'}$ が流れる期間)が延びた場合には、大きな回生損失(主にコア損失)が生じる。また、大電流を開閉する大容量のスイッチング素子のコストが高い。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1記載のスイッチング電源装置は、入力電圧をオン・オフ制御する主スイッチング素子と、少なくとも1次巻線と2次巻線を備えたトランスと、トランスの1次巻線に該主スイッチング素子が接続され、トランスの2次巻線に整流平滑回路と、該整流平滑回路の出力が一定となるように該主スイッチング素子をオン・オフ制御する主制御部を備えたスイッチング電源装置において、副スイッチング素子とコンデンサとを含む副スイッチ部を有し、副スイッチング素子を制御して該副スイッチ部のコンデンサに蓄えられた電荷を該トランスを介して該主スイッチング素子に供給し、該主スイッチング素子の寄生容量の電荷を抜き取る動作を含むことを特徴とするものである。

【0024】また、本発明の請求項2記載のスイッチング電源装置は、前記トランスの2次巻線には副スイッチ部と副制御部とが接続され、前記副スイッチ部はダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサとインダクタとが直列接続された回路が接続された構成からなり、該副制御部は前記主スイッチング素子がオン時に該副スイッチ部の該コンデンサに電荷を蓄

え、主スイッチング素子がオンする迄の間に、該トランスを介して前記コンデンサの該電荷により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を抜き取るように動作させることを特徴とするものである。

【0025】また、本発明の請求項3記載のスイッチング電源装置は、前記トランスは副制御用補助巻線を備え、前記副スイッチ部と前記副制御部が前記トランスの該補助巻線にそれぞれ並列に接続され、前記副スイッチ部はダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサとインダクタとが直列接続された回路が接続された構成からなり、前記主スイッチング素子がオンする迄の間に前記副スイッチ部のコンデンサに電荷を蓄え、前記主スイッチング素子のオフ時にトランスに蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子をオンさせて前記コンデンサに蓄えられていた電荷をトランスの副制御用補助巻線に印加し、トランスの1次巻線の誘起電圧により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を、前記主スイッチング素子がオンする迄の間に、抜き取るように制御する副制御部と、を備えてなることを特徴とするものである。

【0026】また、本発明の請求項4記載のスイッチング電源装置は、前記トランスは1次巻線と2次巻線と充電用補助巻線とを備え、該充電用補助巻線には前記副スイッチ部のコンデンサと充電用ダイオードが接続され、前記トランスの2次巻線には前記副スイッチ部と前記副制御部がそれぞれ並列に接続され、前記副スイッチ部にはダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサが直列接続され、前記主スイッチング素子のオフ時に前記副スイッチ部のコンデンサに電荷を蓄え、トランスに蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子をオンさせて前記コンデンサに蓄えられていた電荷をトランスの2次巻線に印加し、トランスの1次巻線の誘起電圧により前記主スイッチング素子の寄生容量の電荷を、主スイッチング素子がオンする迄の間に、抜き取るように制御する副制御部と、を備えてなることを特徴とするものである。

【0027】また、本発明の請求項5記載のスイッチング電源装置は、前記トランスは1次巻線と2次巻線と副制御用補助巻線と充電用補助巻線とを備え、該副制御用補助巻線には前記副スイッチ部と前記副制御部とがそれぞれ並列に接続され、該充電用補助巻線には前記副スイッチ部のコンデンサと充電用ダイオードとが接続され、前記副スイッチ部はダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサとダイオードとが直列接続された回路が接続された構成からなり、前記主スイッチング素子のオフ時に前記副スイッチ部のコンデンサに電荷を蓄え、トランスに蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子をオンさせ該コンデンサに蓄えられた電荷をトランスの副制御用補助巻線に印加し、トランスの1次巻線の誘起電圧により主スイッ

チング素子の寄生容量の電荷を、主スイッチング素子がオンする迄の間に、抜き取るように制御する副制御部と、を備えてなることを特徴とするものである。

【0028】また、本発明の請求項6記載のスイッチング電源装置は、負荷電流を検出するための検出部を前記トランスの2次側出力部の整流平滑回路側に備え、前記副制御部は該負荷電流が少い場合には副制御部の副スイッチング素子を常にオフ制御とすることを特徴とするものである。

【0029】また、本発明の請求項7記載のスイッチング電源装置は、前記負荷電流を検出するための検出部はコンパレータを用いた回路で構成されていることを特徴とするものである。

【0030】また、本発明の請求項8記載のスイッチング電源装置は、前記トランスの1次巻線と主スイッチング素子を介して流れる1次電流を検出するための検出部を該トランスの1次巻線側に備え、前記副制御部は該1次電流が少い場合には副制御部の副スイッチング素子を常にオフ制御とすることを特徴とするものである。

【0031】さらに、本発明の請求項9記載のスイッチング電源装置は、前記トランスの1次巻線と主スイッチング素子を介して流れる1次電流を検出するための検出部はコンパレータを用いた回路で構成されていることを特徴とするものである。

### 【0032】

【発明の実施の形態】 【第1の実施の形態】 図1～図3は、本発明の第1の実施の形態に係わるスイッチング電源装置に関する図であり、特許請求の範囲の請求項1と請求項2と請求項6と請求項7に関するものである。図1は本発明のスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図、図2は本発明のスイッチング電源装置の詳細な回路図例、図3は本発明のスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

【0033】図1の本発明のスイッチング電源装置1は以下の構成からなる。図1において、トランス1・3は1次巻線1・3a、2次巻線1・3bより成る。トランス1・3の1次巻線1・3a側は、いわゆる直流電圧入力側に当たり、1次巻線1・3aに、主スイッチング素子1・2(Q1)及び直流電源1・1が直列接続され、1つのループを構成している。そして、主スイッチング素子1・2(Q1)を制御する主制御部2・0及びトリガ信号発生部8・0が配設されている。

【0034】また、トランス1・3の2次巻線1・3b側は、いわゆる整流出力側に当たり、2次巻線1・3bに、副スイッチ部3・0、副制御部4・0、及び平滑コンデンサ1・5が並列接続され、出力端子1・8a、1・8bより制御された直流電圧が出力される。また、副スイッチ部3・0と平滑コンデンサ1・5の間には、整流ダイオード1・4が接続されている構成となっている。副スイッチ部3・0は、副スイッチング素子3・1(Q2)とダイオード3・2

との並列接続に、インダクタ3.3と電荷用コンデンサ3.4とが直列接続された回路とからなる。次に、各回路の動作について説明する。

【0035】直流電源1.1は交流電源を整流平滑して得られた生の直流電源であり、スイッチング電源装置1の入力電源である。直流電源1.1は、トランス1.3の1次巻線1.3aに主スイッチング素子1.2(Q1)を介して供給される。主スイッチング素子1.2はMOSFETで構成され、ゲートに印加される主制御部2.0のオン・オフ信号により、オン・オフ制御され、直流電源1.1からの入力電圧を1次巻線1.3aに印加したり、遮断したりする動作をする。主スイッチング素子1.2(Q1)には、寄生ダイオードと寄生容量とが存在し、主スイッチング素子1.2のドレイン・ソース間に寄生する寄生ダイオードを1.2a、ドレイン・ソース間に寄生する寄生容量を1.2bとして表示する。

【0036】2次巻線1.3bの誘起電圧は、整流ダイオード1.4及び平滑コンデンサ1.5により整流平滑されて、出力電圧として出力端子1.8a、1.8bより出力される。

【0037】検出部1.6は、前記出力電圧を基準電圧と比較し、比較結果は比較信号として、絶縁伝達部1.7を介して、主制御部2.0にフィードバックされる。主制御部2.0は、検出部1.6からの比較信号に基づいて、主スイッチング素子1.2のオン期間を制御することで、出力電圧の安定化を行っている。

【0038】絶縁伝達部1.7は、トランス1.3の2次巻線1.3b側の検出部1.6の比較信号を、トランス1.3の1次巻線1.3a側と2次巻線1.3b側とを絶縁した状態で、トランス1.3の1次巻線1.3a側に配設されている主制御部2.0に伝達する。即ち、スイッチング電源装置1は、トランス1.3と絶縁伝達部1.7とにより、1次巻線1.3a側(1次側)と2次巻線1.3b側(2次側)とが電気的に分離されている。

【0039】副制御部4.0は、主スイッチング素子1.2のオフ時に、主スイッチング素子1.2の寄生容量1.2bの電荷を抜き取る制御を行う。即ち、主スイッチング素子1.2がオン時、副スイッチング素子3.0の電荷用コンデンサ3.4に蓄えられた電荷を、主スイッチング素子1.2のオフ時に、トランス1.3に蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子3.0をオンさせ、トランス1.3の2次巻線1.3bに印加し、トランス1.3の1次巻線1.3aの誘起電圧により、主スイッチング素子1.2の寄生容量1.2bの電荷を抜き取るように動作する。

【0040】トリガ信号発生部8.0は、副スイッチング素子3.0がオン時のトランス1.3の1次巻線1.3aの誘起電圧を検知し、主制御部2.0に主スイッチング素子1.2をオンさせるためのトリガ信号を発生する。

【0041】上記の結果、寄生容量1.2bに溜っていた電荷が無い状態(ドレイン・ソース間電圧Vdsがゼロの

状態)で、主スイッチング素子1.2がオンされるため、スイッチング損失の発生及びスイッチングノイズの発生が解消される。

【0042】上記スイッチング電源装置1において、負荷電流が少ない場合、電荷用コンデンサ3.4の充放電は、トランス1.3の損失へ影響を大きく与える。また、主スイッチング素子1.2のオン期間が、電荷用コンデンサ3.4とインダクタ3.3の共振期間より短くなると、電荷用コンデンサ3.4に印加される電圧が下がり、電荷用コンデンサ3.4に溜まる電荷の量が、主スイッチング素子1.2の寄生容量1.2bの電荷を抜き取るに充分でない状態となるので、主スイッチング素子1.2のドレイン・ソース間電圧Vdsがゼロにならない場合が発生する。

【0043】そこで、トランス1.3の2次巻線1.3b側に配設されている検出部6.0は、負荷電流を検出し、負荷電流が少ない場合(軽負荷時)には、副制御部4.0が副スイッチング素子3.0を常にオフとするための検出信号を発生する。

【0044】図1のように構成されたスイッチング電源装置1の動作を図3の動作波形図を用いてさらに詳細に説明する。以下の説明で、主スイッチング素子1.2を「スイッチング素子Q1」と標記し、副スイッチング素子3.0を「スイッチング素子Q2」と標記する。図3において、(a)はスイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧Vds、(b)はトランス1.3の1次巻線1.3a側1次電流I<sub>1</sub>、(c)はスイッチング素子Q1のゲート電圧V<sub>G1</sub>、(d)はトランス1.3の1次巻線1.3a側1次電圧V<sub>H</sub>、(e)はトリガ信号発生部8.0のトリガ信号電圧V<sub>TR</sub>、(f)はトランス1.3の2次巻線1.3b側2次電流I<sub>2</sub>、(g)はスイッチング素子Q2のゲート電圧V<sub>G2</sub>、(h)は電荷用コンデンサ3.4の電圧V<sub>C</sub>の各波形を横軸に共通の時間軸をとって表してある。また、スイッチング素子Q1はゲート電圧V<sub>G1</sub>が「H」(ハイ、またはある高さの電圧値)の時にオン、ゲート電圧V<sub>G1</sub>が「L」(ロー、またはある値以下の電圧値)の時にオフし、スイッチング素子Q2はゲート電圧V<sub>G2</sub>が「L」の時にオン、ゲート電圧V<sub>G2</sub>が「H」の時にオフするように構成されている。

【0045】時間軸に沿って説明する。

(1) 時刻t<sub>0</sub>までの動作(Q1オン、Q2オフ)  
主制御部2.0の制御により、スイッチング素子Q1のゲート電圧V<sub>G1</sub>は「H」であり、スイッチング素子Q1はオンし、ドレイン・ソース間電圧V<sub>ds</sub>はほぼゼロである。直流電源1.1より供給された入力電圧は、トランス1.3の1次巻線1.3aに印加され、スイッチング素子Q1がオンしていることにより、トランス1.3の1次巻線1.3aに1次電流I<sub>1</sub>が図1に示される矢印の方向に流れ、トランス1.3に磁束が発生し、エネルギーが蓄積される。このときトランス1.3の2次巻線1.3bに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード1.4を逆

バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の2次巻線13b側の2次電流 $I_2$ は流れない。

【0046】(2)期間 $t_0-t_1$ 間の動作(Q1オフ、Q2オフ)

時刻 $t_0$ で、主制御部20はスイッチング素子Q1のゲート電圧 $V_{G1}$ を「L」とし、スイッチング素子Q1がオフし、ドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は「H」、前記1次電流 $I_1$ はゼロとなる。スイッチング素子Q1がオフすることにより、前記1次巻線13aに誘起電圧(●と逆方向)が発生すると同時に、前記2次巻線13bにも誘起電圧(●と逆方向)が発生し、整流ダイオード14を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス13に蓄積されたエネルギーが前記2次巻線13bを介して、2次電流 $I_2$ として(図1に示される矢印の方向に流れて)放出され、平滑コンデンサ15により平滑されて、出力電圧 $V_o$ として出力端子18a、18bに供給される。トランス13に蓄積されたエネルギーが放出されるに伴い、2次電流 $I_2$ は暫時減少し、時刻 $t_1$ でゼロになると、前記1次巻線13a、2次巻線13bの誘起電圧はなくなる。

【0047】(3)期間 $t_1-t_2$ 間の動作(Q1オフ、Q2オン)

トランス13に蓄積されたエネルギーが全て放出され、2次電流 $I_2$ が時刻 $t_1$ でゼロになると、副制御部40はスイッチング素子Q2のゲート電圧 $V_{G2}$ を「L」とし、スイッチング素子Q2がオンする。スイッチング素子Q2がオンすると、電荷用コンデンサ34の両端電圧が前記2次巻線13bに印加され、電荷用コンデンサ34に蓄えられていた電荷が放出されるため、電荷用コンデンサ34から上記(2)と同方向に2次電流 $I_2'$ が流れ、トランス13の2次巻線13bに誘起電圧(●の方向)が発生すると同時に、1次巻線13aにも誘起電圧(●の方向)が発生するため、スイッチング素子Q1の寄生容量12bに溜っていた電荷を引き抜く(放電させる)方向に1次電流 $I_1'$ が流れ、寄生容量12bの電荷が放出されるに伴い、スイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は低下しゼロになる。

【0048】(4)期間 $t_2-t_3$ 間の動作(Q1オン、Q2オン)

トリガ信号発生部80は、上記(3)におけるトランス13の1次巻線13aに発生した誘起電圧(●の方向)を検知し、主制御部20にスイッチング素子Q1をオンさせるためのトリガ信号を発生し、スイッチング素子Q1はオンする。スイッチング素子Q1は、寄生容量12bの電荷が放出され、スイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ がゼロになった後オンするため、スイッチング素子Q1がオン時には、寄生容量12bに溜っていた電荷がショートされて、電荷が無い状態で、スイッチング素子Q1がオンされるため、スイッチング損

失の発生及びスイッチングノイズの発生が解消される。

【0049】スイッチング素子Q1がオンし、トランス13の1次巻線13aに1次電流が流れ、トランス13の1次巻線13aに誘起電圧(●の方向)が発生すると同時に、2次巻線13bにも誘起電圧(●の方向)が発生する。副制御部40は2次巻線13bの誘起電圧(●の方向)を検知し、スイッチング素子Q2をオフする。また、2次巻線13bの誘起電圧(●の方向)は、整流ダイオード14を逆バイアスし、ダイオード32を順バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、ダイオード32とインダクタ33を介して、2次電流 $I_2'$ が流れ、電荷用コンデンサ34を充電する。インダクタ33は、電荷用コンデンサ34との共振により、電荷用コンデンサ34に印加される電圧を、インダクタ33がない場合に比べて2倍以上高い電圧にしている。

【0050】(5)期間 $t_3-t_4$ 間の動作(Q1オン、Q2オフ)

トランス13の2次巻線13bの誘起電圧(●の方向)が、整流ダイオード14を逆バイアスし、ダイオード32を順バイアスする方向に電圧が印加され、ダイオード32とインダクタ33を介して2次電流 $I_2'$ が流れ、電荷用コンデンサ34が充電されるにつれて2次電流 $I_2'$ は減少し、時刻 $t_4$ でゼロとなる。以後は上記(1)から(5)の動作を繰り返す。

【0051】図2は本発明のスイッチング電源装置の第1の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の詳細な回路図例であり、副制御部40、検出部60、トリガ信号発生部80の構成及び動作を以下に説明する。

【0052】副制御部40は以下の構成からなる。主スイッチング素子12オン時に副スイッチ部30の電荷用コンデンサ34に電荷が蓄えられ、主スイッチング素子12(Q1)がオフすることにより、トランス13の1次巻線13aに誘起電圧(●と逆方向)が発生し、同時に、2次巻線13bにも誘起電圧(●と逆方向)が発生し、整流ダイオード14を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス13に蓄積されたエネルギーが2次巻線13bを介して2次電流 $I_2$ として放出される。副制御部40は、2次電流 $I_2$ を抵抗50で検出し、電圧に変換して、コンバレータ47の反転入力に印加する。コンバレータ47の非反転入力には、出力電圧を抵抗48と抵抗49とで分割した基準電圧が印加されている。

【0053】2次電流 $I_2$ が流れている場合、コンバレータ47の非反転入力に印加されている抵抗50の検出電圧は、コンバレータ47の反転入力に印加されている基準電圧よりも高いため、コンバレータ47の出力は「L」となり、トランジスタ46がオフからトランジスタ41がオンする。また、トランジスタ42がオフから副スイッチング素子31のゲート電圧が「H」となり、

副スイッチング素子3.1はオフしている。次にトランジスタ1.3に蓄積されたエネルギーが放出され、2次電流I<sub>2</sub>が減少した場合、2次電流I<sub>2</sub>が減少し、コンパレータ4.7の非反転入力に印加されている抵抗5.0の検出電圧も低下し、コンパレータ4.7の反転入力に印加されている基準電圧よりも低くなると、コンパレータ4.7の出力は「H」となり、トランジスタ4.6がオンし、トランジスタ4.1がオフする。トランジスタ4.2がオンし、副スイッチング素子3.1のゲート電圧が「L」となり、副スイッチング素子3.1はオンする。副スイッチング素子3.1がオンすると、電荷用コンデンサ3.4に蓄えられた電荷がトランジスタ1.3の2次巻線1.3bに印加され、トランジスタ1.3の1次巻線1.3aに発生した誘起電圧(●の方)により、主スイッチング素子1.2の寄生容量1.2bの電荷が抜き取られる。

【0054】また、トリガ信号発生部8.0は以下の構成からなる。トリガ信号発生部8.0は、副スイッチング素子3.1がオン時のトランジスタ1.3の補助巻線1.3cの誘起電圧を検知し、主制御部2.0に主スイッチング素子1.2をオンさせるためのトリガ信号を発生する。

【0055】トランジスタ1.3の補助巻線1.3cに誘起電圧が発生していない場合、ツエナーダイオード8.8を介してトランジスタ8.6のベースに電流が流れ、トランジスタ8.6がオンし、トランジスタ8.3がオフしている。トランジスタ1.3の補助巻線1.3cに誘起電圧が発生した場合、ツエナーダイオード8.8がオフし、トランジスタ8.6がオフし、トランジスタ8.3がオンするため、コンデンサ8.2が充電される間、パルス状のトリガ信号を発生する。

【0056】トリガ信号発生部8.0からのトリガ信号により、主スイッチング素子1.2がオンし、トランジスタ1.3の1次巻線1.3aに1次電流I<sub>1</sub>が流れ、トランジスタ1.3の1次巻線1.3aに誘起電圧(●の方向)が発生すると同時に、2次巻線1.3bにも誘起電圧(●の方向)が発生する。2次巻線1.3bの誘起電圧(●の方向)により、電荷用コンデンサ3.4→インダクタ3.3→副スイッチング素子3.1の経路で電流I<sub>2</sub>が流れ、電荷用コンデンサ3.4は充電される。この時、電荷用コンデンサ3.4の電圧が振動しないようにするために、副制御部4.0にトランジスタ5.1、コンデンサ5.3、抵抗5.2、抵抗5.4からなる回路を附加している。即ち、2次巻線1.3bの誘起電圧(●の方向)が抵抗5.4を介してコンデンサ5.3を充電し、トランジスタ5.1がオン→トランジスタ4.6がオフ→トランジスタ4.1がオンし、トランジスタ4.2がオフ→副スイッチング素子3.1のゲート電圧が「H」となり、副スイッチング素子3.1はオフする。そして、電荷用コンデンサ3.4の容量Cとインダクタ3.3のインダクタンスLの共振期間の半分(1/2×√(LC))以内に副スイッチング素子3.1をオフするように構成されている。

【0057】また、検出部6.0は以下の構成からなる。検出部6.0は、負荷電流を検出し負荷電流I<sub>0</sub>が少ない(軽負荷)場合には、副制御部4.0の副スイッチング素子3.1を常にオフとするための検出信号を発生する。検出部6.0は、負荷電流I<sub>0</sub>を抵抗6.3で検出し、電圧に変換してコンパレータ6.4の非反転入力に印加する。コンパレータ6.4の反転入力には出力電圧を抵抗6.1と抵抗6.2とで分割した基準電圧が印加されている。負荷電流I<sub>0</sub>が多い(重負荷)場合、基準電圧よりも抵抗6.3の検出電圧が高いので、コンパレータ6.4の出力は「H」となり、副制御部4.0は前記に示した通常の動作を行う。負荷電流I<sub>0</sub>が少ない(軽負荷)場合、基準電圧よりも抵抗6.3の検出電圧が低くなるので、コンパレータ6.4の出力は「L」となり、副制御部4.0のトランジスタ4.6は常にオフ→トランジスタ4.1オンし、トランジスタ4.2オフ→副スイッチング素子3.1のゲート電圧が「H」となり、副スイッチング素子3.1は常にオフする。

【0058】また、副スイッチ部3.0において、電荷用コンデンサ3.4に直列にインダクタ3.3が挿入されている。即ち、電荷用コンデンサ3.4だけであると電荷用コンデンサ3.4に印加される電圧は、電圧=(入力電圧×トランジスタの巻数比)、だけになり、副スイッチング素子3.1がオンして、電荷用コンデンサ3.4に蓄えられた電荷がトランジスタ1.3の2次巻線1.3bに印加され、トランジスタ1.3の1次巻線1.3aに発生した誘起電圧(●の方向)により、主スイッチング素子1.2の寄生容量1.2bの電荷を完全に抜き取ることが出来ない。従って、電荷用コンデンサ3.4に直列にインダクタ3.3を挿入し、電荷用コンデンサ3.4とインダクタ3.3の共振を利用して電荷用コンデンサ3.4に印加される電圧を、電圧=(入力電圧×トランジスタの巻数比)×2倍、に高めている。

【0059】【第2の実施の形態】図4～図6は、本発明の第2の実施の形態に係わるスイッチング電源装置に関する図であり、特許請求の範囲の請求項1と請求項3と請求項8と請求項9に関するものである。図4は本発明のスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図、図5は本発明のスイッチング電源装置の詳細な回路図例、図6は本発明のスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

【0060】図4の本発明のスイッチング電源装置2は以下の構成からなる。図4において、トランジスタ1.3は1次巻線1.3a、2次巻線1.3b、補助巻線1.3cより成る。トランジスタ1.3の1次巻線1.3a側は、いわゆる直流電圧入力側に当たり、1次巻線1.3aに、主スイッチング素子1.2(Q1)及び直流電源1.1が直列接続され、1つのループを構成している。そして、主スイッチング素子1.2(Q1)を制御する主制御部2.0、遅延部2.2が配設されている。

50 【0061】また、トランジスタ1.3の2次巻線1.3b側

は、いわゆる整流出力側に当たり、整流ダイオード14、平滑コンデンサ15が並列接続され、出力端子18a、18bより制御された直流電圧が出力される。また、直流出力電圧の変動を検出する検出部16が配設されている。

【0062】また、トランス13の補助巻線13cには、副スイッチ部30、副制御部40、整流ダイオード23、及びコンデンサ24が配設され、1つの回路を構成している。そして、主制御部20からの信号を検出部60を介して、副制御部40にフィードバックする構成になっている。副スイッチ部30は、副スイッチング素子31(Q2)とダイオード32との並列接続に、インダクタ33と電荷用コンデンサ34とが直列接続された回路とからなる。次に、各回路の動作について説明する。

【0063】直流電源11は交流電源を整流平滑して得られた生の直流電源であり、スイッチング電源装置2の入力電源である。直流電源11は、トランス13の1次巻線13aに主スイッチング素子12(Q1)を介して供給される。主スイッチング素子12はMOSFETで構成され、遅延部22を介してゲートに印加される主制御部20のオン・オフ信号により、オン・オフ制御され、直流電源11からの入力電圧を1次巻線13aに印加したり、遮断したりする動作をする。主スイッチング素子12(Q1)には、寄生ダイオードと寄生容量とが存在し、主スイッチング素子12のドレイン・ソース間に寄生する寄生ダイオードを12a、ドレイン・ソース間に寄生する寄生容量を12bとして表示する。2次巻線13bの誘起電圧は、整流ダイオード14及び平滑コンデンサ15により整流平滑されて、出力電圧として出力端子18a、18bより出力される。

【0064】検出部16は、前記出力電圧を基準電圧と比較し、比較結果は比較信号として、絶縁伝達部17を介して、主制御部20にフィードバックされる。主制御部20は、検出部16からの比較信号に基づいて、主スイッチング素子12のオン期間を制御することで、出力電圧の安定化を行っている。

【0065】絶縁伝達部17は、トランス13の2次巻線13b側の検出部16の比較信号を、トランス13の1次巻線13a側と2次巻線13b側とを絶縁した状態で、トランス13の1次巻線13a側に配設されている主制御部20に伝達する。即ち、スイッチング電源装置2は、トランス13と絶縁伝達部17とにより、1次巻線13a側(1次側)と2次巻線13b側(2次側)とが電気的に分離されている。

【0066】副制御部40は、主スイッチング素子12のオフ時に、主スイッチング素子12の寄生容量12bの電荷を抜き取る制御を行う。即ち、主スイッチング素子12がオン時、副スイッチ部30の電荷用コンデンサ34に蓄えられた電荷を、主スイッチング素子12のオ

フ時に、トランス13に蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子31をオンさせ、電荷用コンデンサ34に蓄えられた電荷をトランス13の補助巻線13cに印加し、トランス13の1次巻線13aの誘起電圧により、主スイッチング素子12の寄生容量12bの電荷を抜き取るように動作する。

【0067】また、遅延部22は、主制御部20のオン信号を、上記で述べた主スイッチング素子12の寄生容量12bの電荷が抜き取られ、主スイッチング素子12のドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>がゼロになるまで遅延して、主スイッチング素子12のゲートに伝達する。

【0068】上記の結果、寄生容量12bに溜っていた電荷が無い状態(ドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>がゼロの状態)で、主スイッチング素子12がオンされるため、スイッチング損失の発生及びスイッチングノイズの発生が解消される。

【0069】上記スイッチング電源装置2において、負荷電流が少ない場合、電荷用コンデンサ34の充放電は、トランス13の損失へ影響を大きく与える。また、主スイッチング素子12のオン時間が、電荷用コンデンサ34とインダクタ33の共振期間より短くなると、電荷用コンデンサ34に印加される電圧が下がり、電荷用コンデンサ34に溜まる電荷の量が、主スイッチング素子12の寄生容量12bの電荷を抜き取るに充分でない状態となるので、主スイッチング素子12のドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>がゼロにならない場合が発生する。

【0070】そこで検出部60は、主スイッチング素子12を介して流れるトランス13の1次巻線13a側1次電流I<sub>1</sub>を検出し、1次電流I<sub>1</sub>が少ないと、即ち負荷電流が少ないと(軽負荷)場合には、副制御部40が副スイッチング素子31を常にオフとするための検出信号を発生する。

【0071】図4のように構成されたスイッチング電源装置2の動作を図6の動作波形図を用いてさらに詳細に説明する。以下の説明で、主スイッチング素子12を「スイッチング素子Q1」と標記し、副スイッチング素子31を「スイッチング素子Q2」と標記する。図4において、(a)はスイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>、(b)はトランス13の1次巻線13a側1次電流I<sub>1</sub>、(c)はスイッチング素子Q1のゲート電圧V<sub>G1</sub>、(d)は主制御部20のオン・オフ信号V<sub>ON</sub>、(e)はスイッチング素子Q2のゲート電圧V<sub>G2</sub>、(f)はトランス13の2次巻線13b側2次電流I<sub>2</sub>、(g)はトランス13の補助巻線13c側電流I<sub>3</sub>、(h)は電荷用コンデンサ34の電圧V<sub>C</sub>の各波形を横軸に共通の時間軸をとって表してある。また、スイッチング素子Q1はゲート電圧V<sub>G1</sub>が「H」(ハイ、またはある高さの電圧値)の時にオン、ゲート電圧V<sub>G1</sub>が「L」(ロー、またはある値以下の電圧値)の時にオフし、スイッチング素子Q2はゲート電圧V<sub>G2</sub>が「L」

の時にオン、ゲート電圧 $V_{G2}$ が「H」の時にオフするよう構成されている。

【0072】時間軸に沿って説明する。

(1) 時刻 $t_0$ までの動作 (Q1オン、Q2オン)

主制御部20によりスイッチング素子Q1のゲート電圧 $V_{G1}$ は「H」、スイッチング素子Q2のゲート電圧 $V_{G2}$ は「L」であり、スイッチング素子Q1及びスイッチング素子Q2は共にオンし、スイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ はほぼゼロである。直流電源1より供給された入力電圧は、トランス13の1次巻線13aに印加され、スイッチング素子Q1がオンすることにより、トランス13の1次巻線13aに1次電流 $I_1$ が流れ、トランス13に磁束が発生しエネルギーが蓄積される。このときトランス13の2次巻線13bに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード14を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の2次巻線13b側2次電流 $I_2$ は流れない。また、このときトランス13の補助巻線13cに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード23を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の補助巻線13c側電流 $I_3$ は流れない。また、補助巻線13cの誘起電圧(●の方向)により、電荷用コンデンサ34→インダクタ33→スイッチング素子Q2の経路で電流 $i_{3'}$ が流れ、電荷用コンデンサ34は充電を完了した後は、電流 $i_{3'}$ は流れない。

【0073】(2)期間 $t_0-t_1$ 間の動作 (Q1オフ、Q2オフ)

時刻 $t_0$ で主制御部20はスイッチング素子Q1のゲート電圧 $V_{G1}$ を「L」、スイッチング素子Q2のゲート電圧 $V_{G2}$ を「H」とし、スイッチング素子Q1及びスイッチング素子Q2は共にオフし、スイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は「H」、前記1次電流 $I_1$ はゼロとなる。スイッチング素子Q1がオフすることにより、前記1次巻線13aに誘起電圧(●と逆方向)が発生すると同時に、前記2次巻線13bにも誘起電圧(●と逆方向)が発生し、整流ダイオード14を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス13に蓄積されたエネルギーが前記2次巻線13bを介して2次電流 $I_2$ として放出され、平滑コンデンサ15により平滑されて出力電圧 $V_o$ として出力端子18a、18bに供給される。また、前記1次巻線13aに誘起電圧(●と逆方向)が発生すると同時に、補助巻線13cにも誘起電圧(●と逆方向)が発生し、整流ダイオード23を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス13に蓄積されたエネルギーが前記補助巻線13cを介して電流 $I_{3'}$ として放出され、平滑コンデンサ24により平滑されて、主制御部20及び副制御部40の電源として供給される。また、このときスイッチング素子Q2はオフ、ダイオード32は逆バイアスされているた

め、副スイッチ部30を介して電流 $I_3$ は流れない。トランス13に蓄積されたエネルギーが放出されるにともない、2次電流 $I_2$ 及び電流 $I_3$ は減少し時刻 $t_1$ でゼロになると、前記1次巻線13a、2次巻線13b、補助巻線13cの誘起電圧はなくなる。

【0074】(3)期間 $t_1-t_2$ 間の動作 (Q1オフ、Q2オン)

トランス13に蓄積されたエネルギーが全て放出され、2次電流 $I_2$ 及び電流 $I_3$ は減少し時刻 $t_1$ でゼロになると、前記1次巻線13a、2次巻線13b、補助巻線13cの誘起電圧はなくなる。時刻 $t_1$ で、主制御部20はオン信号を出力し、スイッチング素子Q2のゲート電圧 $V_{G2}$ を「L」とし、スイッチング素子Q2がオンする。スイッチング素子Q2がオンすると、電荷用コンデンサ34の両端電圧が前記補助巻線13cに印加され、電荷用コンデンサ34にたくわえられていた電荷が放出されるため、電荷用コンデンサ34から上記(2)と同方向に電流 $I_{3'}$ が流れ、トランス13の2次巻線13bに誘起電圧(●の方向)が発生すると同時に、1次巻線13aにも誘起電圧(●の方向)が発生するため、スイッチング素子Q1の寄生容量12bにたまつた電荷を引き抜く(放電させる)方向に1次電流 $I_1'$ が流れ、寄生容量12bの電荷が放出されるにともない、スイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は低下しゼロになる。

【0075】(4)期間 $t_2-t_3$ 間の動作 (Q1オン、Q2オフ)

前記時刻 $t_1$ で主制御部20から出力されたオン信号は、遅延部22により期間 $t_1-t_2$ 間遅延されて、時刻 $t_2$ でスイッチング素子Q1のゲート電圧 $V_{G1}$ を「H」にし、スイッチング素子Q1はオンする。従って、スイッチング素子Q1は、ドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ がゼロの時にオンするため、スイッチング素子Q1がオン時に寄生容量12bにたまつた電荷がショートされることによるスイッチング損失及びスイッチングノイズが解消される。

【0076】スイッチング素子Q1がオンし、トランス13の1次巻線13aに1次電流が流れ、トランス13の1次巻線13aに誘起電圧(●の方向)が発生すると同時に、2次巻線13bにも誘起電圧(●の方向)が発生する。このときトランス13の2次巻線13bに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード14を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の2次巻線13b側2次電流 $I_2$ は流れない。また、このときトランス13の補助巻線13cに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード23を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の補助巻線13c側電流 $I_3$ は流れない。また、補助巻線13cの誘起電圧(●の方向)により、電荷用コンデンサ34→イ

21

ンダクタ3.3→スイッチング素子Q2の経路で電流 $I_{3'}$ が流れ、電荷用コンデンサ3.4を充電し、時刻 $t_3$ で充電を完了した後は、電流 $I_{3'}$ は流れない。インダクタ3.3は、電荷用コンデンサ3.4との共振により電荷用コンデンサ3.4に印加される電圧をインダクタ3.3がない場合に比べて2倍に上げている。以後は上記(1)から(4)の動作を繰り返す。

【0077】図4のように構成されたスイッチング電源装置2の副制御部4.0、検出部6.0の動作を図5に示す詳細な回路図例を用いて説明する。

【0078】副制御部4.0は以下の構成からなる。主制御部2.0よりオン信号が出力されると、抵抗2.5を介してトランジスタ4.6のベースが「H」となり、トランジスタ4.6がオン→トランジスタ4.1がオフ、トランジスタ4.2がオン→副スイッチング素子3.1のゲート電圧が「L」となり、副スイッチング素子3.1はオンする。副スイッチング素子3.1がオンすると、電荷用コンデンサ3.4の両端電圧が前記補助巻線1.3cに印加され、電荷用コンデンサ3.4にたくわえられていた電荷が放出されるため、電荷用コンデンサ3.4から電流 $I_{3'}$ が流れ、トランス1.3の2次巻線1.3bに誘起電圧(●の方向)が発生すると同時に、1次巻線1.3aにも誘起電圧(●の方向)が発生するため、主スイッチング素子1.2の寄生容量1.2bにたまつた電荷を引き抜く(放電させる)方向に1次電流 $I_{1'}$ が流れ、寄生容量1.2bの電荷が放出されるにともない、主スイッチング素子1.2のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は低下しそれぞれになる。

【0079】また、主制御部2.0から出力されたオン信号は、抵抗からなる遅延部2.2により、上記の寄生容量1.2bの電荷が放出され主スイッチング素子1.2のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ が低下しそれぞれになるまでの期間だけ遅らせて、主スイッチング素子1.2をオンさせる。従って、主スイッチング素子1.2は、ドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ がゼロの時にオンするため、主スイッチング素子1.2がオン時に寄生容量1.2bにたまつた電荷がショートされることによるスイッチング損失及びスイッチングノイズが解消される。

【0080】主スイッチング素子1.2がオン時、補助巻線1.3cの誘起電圧(●の方向)により、電荷用コンデンサ3.4→インダクタ3.3→スイッチング素子Q2の経路で電流 $I_{3'}$ が流れ、電荷用コンデンサ3.4が充電される。この時、電荷用コンデンサ3.4の電圧が振動しないようにするために、副制御部4.0にトランジスタ5.1、コンデンサ5.3、抵抗5.2、抵抗5.4からなる回路を附加している。即ち、補助巻線1.3cの誘起電圧(●の方向)が抵抗5.4を介してコンデンサ5.3を充電し、トランジスタ5.1がオン→トランジスタ4.6がオフ→トランジスタ4.1がオン、トランジスタ4.2がオフ→副スイッチング素子3.1のゲート電圧が「H」となり、副スイッチング素子3.1はオフする。そして、電荷用コンデンサ

22

3.4の容量Cとインダクタ3.3のインダクタンスLの共振期間の半分( $1/2 \times \sqrt{LC}$ )以内に副スイッチング素子3.1をオフするように構成されている。

【0081】また、検出部6.0は以下の構成からなる。検出部6.0は、主スイッチング素子1.2を介して流れるトランス1.3の1次巻線1.3a側1次電流 $I_1$ を検出し、1次電流 $I_1$ が少ない、即ち負荷電流が少ない(軽負荷)場合には、副制御部4.0が副スイッチング素子3.1を常にオフとするための検出信号を発生する。

【0082】検出部6.0は、上記1次電流 $I_1$ を抵抗6.6で検出し、電圧に変換してコンパレータ6.8の非反転入力に印加する。コンパレータ6.8の反転入力には基準電圧6.9が印加されている。負荷電流 $I_o$ が多い(重負荷)場合、1次電流 $I_1$ が多くなり、基準電圧よりも抵抗6.6の検出電圧が高いので、コンパレータ6.8の出力は「H」となり、副制御部4.0は前記に示した通常の動作を行う。負荷電流 $I_o$ が少ない(軽負荷)場合、1次電流 $I_1$ が少くなり、基準電圧よりも抵抗6.6の検出電圧が低くなるので、コンパレータ6.8の出力は「L」となり、副制御部4.0のトランジスタ4.6は常にオフ→トランジスタ4.1オン、トランジスタ4.2オフ→副スイッチング素子3.1のゲート電圧が「H」となり、副スイッチング素子3.1は常にオフする。

【0083】また、副スイッチ部3.0において、電荷用コンデンサ3.4に直列にインダクタ3.3が挿入されている。即ち、電荷用コンデンサ3.4だけであると電荷用コンデンサ3.4に印加される電圧は入力電圧×トランジスの巻数比だけになり、副スイッチング素子3.1がオンして、電荷用コンデンサ3.4に蓄えられた電荷がトランス1.3の補助巻線1.3cに印加され、トランス1.3の1次巻線1.3aに発生した誘起電圧(●の方向)により主スイッチング素子1.2の寄生容量1.2bの電荷を完全に抜き取ることが出来ない。従って、電荷用コンデンサ3.4に直列にインダクタ3.3を挿入し、電荷用コンデンサ3.4とインダクタ3.3の共振を利用して電荷用コンデンサ3.4に印加される電圧を最大、入力電圧×トランジスの巻数比の2倍に高めている。

【0084】【第3の実施の形態】図7と図8は、本発明の第3の実施の形態に係わるスイッチング電源装置に関する図であり、特許請求の範囲の請求項1と請求項4と請求項6と請求項7に関するものである。図7は本発明のスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図、図8は本発明のスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

【0085】図7の本発明のスイッチング電源装置3は以下の構成からなる。図7において、トランス1.3は1次巻線1.3a、2次巻線1.3b、補助巻線1.3dより成る。トランス1.3の1次巻線1.3a側は、いわゆる直流電圧入力側に当たり、1次巻線1.3aに、主スイッチング素子1.2(Q1)及び直流電源1.1が直列接続され、

1つのループを構成している。そして、主スイッチング素子12(Q1)を制御する主制御部20及びトリガ信号発生部80が配設されている。

【0086】また、トランス13の2次巻線13b側は、いわゆる整流出力側に当たり、2次巻線13bに、副スイッチ部30、副制御部40、及び平滑コンデンサ15が並列接続され、出力端子18a、18bより制御された直流電圧が出力される。また、副スイッチ部30と平滑コンデンサ15の間には、整流ダイオード14が接続されている構成となっている。直流出力電圧の変動を検出する検出部16が配設されている。

【0087】副スイッチ部30は、副スイッチング素子31(Q2)とダイオード32との並列接続に、電荷用コンデンサ34が直列接続された回路とからなる。また、電荷用コンデンサ34は、補助巻線13dのインダクタとダイオード26が接続されて、1つのループを形成し、主スイッチング素子12オフ時に、補助巻線13dに発生した誘起電圧(●と逆方向)によりダイオード26を介して充電される。

【0088】検出部16は、前記出力電圧を基準電圧と比較し、比較結果は比較信号として、絶縁伝達部17を介して、主制御部20にフィードバックされる。主制御部20は、検出部16からの比較信号に基づいて、主スイッチング素子12のオン期間を制御することで、出力電圧の安定化を行っている。

【0089】絶縁伝達部17は、トランス13の2次巻線13b側の検出部16の比較信号を、トランス13の1次巻線13a側と2次巻線13b側とを絶縁した状態で、トランス13の1次巻線13a側に配設されている主制御部20に伝達する。即ち、スイッチング電源装置1は、トランス13と絶縁伝達部17とにより、1次巻線13a側(1次側)と2次巻線13b側(2次側)とが電気的に分離されている。

【0090】副制御部40は、主スイッチング素子12のオフ時に、主スイッチング素子12の寄生容量12bの電荷を抜き取る制御を行う。即ち、主スイッチング素子12がオン時、副スイッチ部30の電荷用コンデンサ34に蓄えられた電荷を、主スイッチング素子12のオフ時に、トランス13に蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子31をオンさせ、電荷用コンデンサ34に蓄えられた電荷をトランス13の2次巻線13bに印加し、トランス13の1次巻線13aの誘起電圧により、主スイッチング素子12の寄生容量12bの電荷を抜き取るように動作する。

【0091】トリガ信号発生部80は、副スイッチング素子31がオン時のトランス13の1次巻線13aの誘起電圧を検知し、主制御部20に主スイッチング素子12をオンさせるためのトリガ信号を発生する。

【0092】上記の結果、寄生容量12bに溜っていた電荷が無い状態(ドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>がゼロの

状態)で、主スイッチング素子12がオンされるため、スイッチング損失の発生及びスイッチングノイズの発生が解消される。

【0093】上記スイッチング電源装置3において、負荷電流が少ない場合、電荷用コンデンサ34の充放電は、トランス13の損失へ影響を大きく与える。そこで、トランス13の2次巻線13b側に配設されている検出部60は、負荷電流を検出し、負荷電流が少ない場合(軽負荷時)には、副制御部40が副スイッチング素子31を常にオフとするための検出信号を発生する。

【0094】図7のように構成されたスイッチング電源装置3の動作を図8の動作波形図を用いてさらに詳細に説明する。以下の説明で、主スイッチング素子12を「スイッチング素子Q1」と標記し、副スイッチング素子31を「スイッチング素子Q2」と標記する。(a)はスイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>、(b)はトランス13の1次巻線13a側1次電流I<sub>1</sub>、(c)はスイッチング素子Q1のゲート電圧V<sub>G1</sub>、(d)はトランス13の1次巻線13a側1次電圧V<sub>H</sub>、(e)はトリガ信号発生部80のトリガ信号電圧V<sub>TR</sub>、(f)はトランス13の2次巻線13b側2次電流I<sub>2</sub>、(g)はスイッチング素子Q2のゲート電圧V<sub>G2</sub>、(h)は電荷用コンデンサ34の電圧V<sub>C</sub>、(j)はトランス13の補助巻線13d側電流I<sub>4</sub>、の各波形を横軸に共通の時間軸をとって表してある。また、スイッチング素子Q1はゲート電圧V<sub>G1</sub>が「H」の時にオン、ゲート電圧V<sub>G1</sub>が「L」の時にオフし、スイッチング素子Q2はゲート電圧V<sub>G2</sub>が「L」の時にオン、ゲート電圧V<sub>G2</sub>が「H」の時にオフするように構成されている。

【0095】時間軸に沿って説明する。

(1) 時刻t<sub>0</sub>までの動作(Q1オン、Q2オフ)  
主制御部20によりスイッチング素子Q1のゲート電圧V<sub>G1</sub>は「H」であり、スイッチング素子Q1はオンし、ドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>はほぼゼロである。直流電源1.1より供給された入力電圧は、トランス13の1次巻線13aに印加され、スイッチング素子Q1がオンしていることにより、トランス13の1次巻線13aに1次電流I<sub>1</sub>が流れ、トランス13に磁束が発生しエネルギーが蓄積される。このときトランス13の2次巻線13bに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード14及びダイオード35を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の2次巻線13b側2次電流I<sub>2</sub>は流れない。また、トランス13の補助巻線13dに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード14及びダイオード35を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の補助巻線13d側電流I<sub>4</sub>は流れない。

【0096】(2) 時間t<sub>0</sub>～t<sub>1</sub>間の動作(Q1オフ、

Q2オフ)

時刻  $t_0$  で主制御部 20 はスイッチング素子 Q1 のゲート電圧  $V_{G1}$  を「L」とし、スイッチング素子 Q1 がオフしドレイン・ソース間電圧  $V_{DS}$  は「H」、前記 1 次電流  $I_1$  はゼロとなる。スイッチング素子 Q1 がオフすることにより、トランス 13 の 1 次巻線 13a に誘起電圧（●と逆方向）が発生すると同時に、2 次巻線 13b に誘起電圧（●と逆方向）が、補助巻線 13d に誘起電圧（●と逆方向）が発生する。2 次巻線 13b の誘起電圧（●と逆方向）は、整流ダイオード 14 を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス 13 に蓄積されたエネルギーが 2 次巻線 13b を介して 2 次電流  $I_2$  として放出され、平滑コンデンサ 15 により平滑されて出力電圧  $V_o$  として出力端子 18a、18b に供給される。また、補助巻線 13d の誘起電圧（●と逆方向）は、ダイオード 26 を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス 13 に蓄積されたエネルギーが補助巻線 13d を介して電流  $I_4$  として放出され電荷用コンデンサ 34 を充電する。トランス 13 に蓄積されたエネルギーが放出されるにともない、2 次電流  $I_2$  は減少し時刻  $t_1$  でゼロになると、前記 1 次巻線 13a、2 次巻線 13b、補助巻線 13d の誘起電圧はなくなる。

【0097】(3) 期間  $t_1 - t_2$  間の動作 (Q1 オフ、Q2 オン)

トランス 13 に蓄積されたエネルギーが全て放出され、2 次電流  $I_2$  が時刻  $t_1$  でゼロになると、副制御部 40 はスイッチング素子 Q2 のゲート電圧  $V_{G2}$  を「L」とし、スイッチング素子 Q2 がオンする。スイッチング素子 Q2 がオンすると、電荷用コンデンサ 34 の両端電圧が前記 2 次巻線 13b に印加され、電荷用コンデンサ 34 にたくわえられていた電荷が放出されるため、電荷用コンデンサ 34 から上記 (2) と同方向に 2 次電流  $I_2'$  が流れ、トランス 13 の 2 次巻線 13b に誘起電圧（●の方向）が発生すると同時に、1 次巻線 13a にも誘起電圧（●の方向）が発生するため、スイッチング素子 Q1 の寄生容量 12b にたまつた電荷を引き抜く（放電させる）方向に 1 次電流  $I_1'$  が流れ、寄生容量 12b の電荷が放出されるにともない、スイッチング素子 Q1 のドレイン・ソース間電圧  $V_{DS}$  は低下しゼロになる。

【0098】(4) 期間  $t_2 - t_3$  間の動作 (Q1 オン、Q2 オン)

トリガ信号発生部 80 は上記 (3) におけるトランス 13 の 1 次巻線 13a に発生した誘起電圧（●の方向）を検知し、主制御部 20 にスイッチング素子 Q1 をオンさせるためのトリガ信号を発生し、スイッチング素子 Q1 はオンする。スイッチング素子 Q1 は、寄生容量 12b の電荷が放出され、スイッチング素子 Q1 のドレイン・ソース間電圧  $V_{DS}$  がゼロになった後オンするため、スイッチング素子 Q1 がオン時に寄生容量 12b にたまつた電荷がショートされることによるスイッチング損失及び

スイッチングノイズが解消される。

【0099】スイッチング素子 Q1 がオンし、トランス 13 の 1 次巻線 13a に 1 次電流が流れ、トランス 13 の 1 次巻線 13a に誘起電圧（●の方向）が発生すると同時に、2 次巻線 13b にも誘起電圧（●の方向）が発生する。副制御部 40 は 2 次巻線 13b の誘起電圧（●の方向）を検知し、スイッチング素子 Q2 をオフする。以後は上記 (1) から (4) の動作を繰り返す。

【0100】図 7 のように構成されたスイッチング電源装置 3 の副制御部 40、検出部 60、トリガ信号発生部 80 の動作は図 2 の実施例を示す回路図を用いて説明したものと同じであるため、ここでの説明は省略する。

【0101】[第 4 の実施の形態] 図 9 と図 10 は、本発明の第 4 の実施の形態に係わるスイッチング電源装置に関する図であり、特許請求の範囲の請求項 1 と請求項 5 と請求項 8 と請求項 9 に関するものである。図 9 は本発明のスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図、図 10 は本発明のスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

【0102】図 9 の本発明のスイッチング電源装置 4 は以下の構成からなる。図 9において、トランス 13 は 1 次巻線 13a、2 次巻線 13b、補助巻線 13c、補助巻線 13d により成る。トランス 13 の 1 次巻線 13a 側は、いわゆる直流電圧入力側に当たり、1 次巻線 13a に、主スイッチング素子 12 (Q1) 及び直流電源 11 が直列接続され、1 つのループを構成している。そして、主スイッチング素子 12 (Q1) を制御する主制御部 20、遅延部 22 が配設されている。

【0103】また、トランス 13 の 2 次巻線 13b 側は、いわゆる整流出力側に当たり、整流ダイオード 14、平滑コンデンサ 15 が並列接続され、出力端子 18a、18b より制御された直流電圧が出力される。また、直流出力電圧の変動を検出する検出部 16 が配設されている。

【0104】また、トランス 13 の補助巻線 13c には、副スイッチ部 30、副制御部 40、整流ダイオード 23、及びコンデンサ 24 が配設され、1 つの回路を構成している。そして、主制御部 20 からの信号を検出部 60 を介して、副制御部 40 にフィードバックする構成になっている。副スイッチ部 30 は、副スイッチング素子 31 (Q2) とダイオード 32 との並列接続に、電荷用コンデンサ 34 が直列接続された回路とからなる。また、電荷用コンデンサ 34 は、補助巻線 13d のインダクタとダイオード 26 が接続されて、1 つのループを形成し、主スイッチング素子 12 のオフ時に、補助巻線 13d に発生した誘起電圧（●と逆方向）によりダイオード 26 を介して充電される。次に、各回路の動作について説明する。

【0105】直流電源 11 は交流電源を整流平滑して得られた生の直流電源であり、スイッチング電源装置 2 の

入力電源である。直流電源11は、トランス13の1次巻線13aに主スイッチング素子12(Q1)を介して供給される。主スイッチング素子12はMOSFETで構成され、遅延部22を介してゲートに印加される主制御部20のオン・オフ信号により、オン・オフ制御され、直流電源11からの入力電圧を1次巻線13aに印加したり、遮断したりする動作をする。主スイッチング素子12(Q1)には、寄生ダイオードと寄生容量とが存在し、主スイッチング素子12のドレイン・ソース間に寄生する寄生ダイオードを12a、ドレイン・ソース間に寄生する寄生容量を12bとして表示する。2次巻線13bの誘起電圧は、整流ダイオード14及び平滑コンデンサ15により整流平滑されて、出力電圧として出力端子18a、18bより出力される。

【0106】検出部16は、前記出力電圧を基準電圧と比較し、比較結果は比較信号として、絶縁伝達部17を介して、主制御部20にフィードバックされる。主制御部20は、検出部16からの比較信号に基づいて、主スイッチング素子12のオン期間を制御することで、出力電圧の安定化を行っている。

【0107】絶縁伝達部17は、トランス13の2次巻線13b側の検出部16の比較信号を、トランス13の1次巻線13a側と2次巻線13b側とを絶縁した状態で、トランス13の1次巻線13a側に配設されている主制御部20に伝達する。即ち、スイッチング電源装置4は、トランス13と絶縁伝達部17とにより、1次巻線13a側(1次側)と2次巻線13b側(2次側)とが電気的に分離されている。

【0108】副制御部40は、主スイッチング素子12のオフ時に、主スイッチング素子12の寄生容量12bの電荷を抜き取る制御を行う。即ち、主スイッチング素子12がオン時、副スイッチ部30の電荷用コンデンサ34に蓄えられた電荷を、主スイッチング素子12のオフ時に、トランス13に蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子31をオンさせ、電荷用コンデンサ34に蓄えられた電荷をトランス13の補助巻線13cに印加し、トランス13の1次巻線13aの誘起電圧により、主スイッチング素子12の寄生容量12bの電荷を抜き取るように動作する。

【0109】また、遅延部22は、主制御部20のオン信号を、上記で述べた主スイッチング素子12の寄生容量12bの電荷が抜き取られ、主スイッチング素子12のドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>がゼロになるまで遅延して、主スイッチング素子12のゲートに伝達する。

【0110】上記の結果、寄生容量12bに溜っていた電荷が無い状態(ドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>がゼロの状態)で、主スイッチング素子12がオンされるため、スイッチング損失の発生及びスイッチングノイズの発生が解消される。

【0111】上記スイッチング電源装置4において、負

荷電流が少ない場合、電荷用コンデンサ34の充放電は、トランス13の損失へ影響を大きく与える。そこで検出部60は、主スイッチング素子12を介して流れるトランス13の1次巻線13a側1次電流I<sub>1</sub>を検出し、1次電流I<sub>1</sub>が少ない、即ち負荷電流が少ない(軽負荷)場合には、副制御部40が副スイッチング素子31を常にオフとするための検出信号を発生する。

【0112】図9のように構成されたスイッチング電源装置2の動作を図10の動作波形図を用いてさらに詳細に説明する。以下の説明で、主スイッチング素子12を

「スイッチング素子Q1」と標記し、副スイッチング素子31を「スイッチング素子Q2」と標記する。図10において、(a)はスイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>、(b)はトランス13の1次巻線13a側1次電流I<sub>1</sub>、(c)はスイッチング素子Q1のゲート電圧V<sub>G1</sub>、(d)は主制御部20のオン・オフ信号V<sub>ON</sub>、(e)はスイッチング素子Q2のゲート電圧V<sub>G2</sub>、(f)はトランス13の2次巻線13b側2次電流I<sub>2</sub>、(g)はトランス13の補助巻線13c側電流I<sub>3</sub>、(h)は電荷用コンデンサ34の電圧V<sub>C</sub>、(j)はトランス13の補助巻線13d側電流I<sub>4</sub>、の各波形を横軸に共通の時間軸をとって表してある。また、スイッチング素子Q1はゲート電圧V<sub>G1</sub>が「H」の時にオン、ゲート電圧V<sub>G1</sub>が「L」の時にオフし、スイッチング素子Q2はゲート電圧V<sub>G2</sub>が「L」の時にオン、ゲート電圧V<sub>G2</sub>が「H」の時にオフするように構成されている。

【0113】時間軸に沿って説明する。

(1) 時刻t<sub>0</sub>までの動作(Q1オン、Q2オン)  
主制御部20によりスイッチング素子Q1のゲート電圧V<sub>G1</sub>は「H」、スイッチング素子Q2のゲート電圧V<sub>G2</sub>は「L」であり、スイッチング素子Q1及びスイッチング素子Q2は共にオンし、スイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧V<sub>DS</sub>はほぼゼロである。直流電源11より供給された入力電圧は、トランス13の1次巻線13aに印加され、スイッチング素子Q1がオンしていることにより、トランス13の1次巻線13aに1次電流I<sub>1</sub>が流れ、トランス13に磁束が発生しエネルギーが蓄積される。このときトランス13の2次巻線13bに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード14を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の2次巻線13b側2次電流I<sub>2</sub>は流れない。また、このときトランス13の補助巻線13cに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード23を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の補助巻線13c側電流I<sub>3</sub>は流れない。また、トランス13の補助巻線13dに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード23及びダイオード35を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているた

め、トランス13の補助巻線13d側電流 $I_4$ は流れない。

【0114】(2)期間 $t_0 - t_1$ 間の動作(Q1オフ、Q2オフ)

時刻 $t_0$ で主制御部20はスイッチング素子Q1のゲート電圧 $V_{G1}$ を「L」、スイッチング素子Q2のゲート電圧 $V_{G2}$ を「H」とし、スイッチング素子Q1及びスイッチング素子Q2は共にオフし、スイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は「H」、前記1次電流 $I_1$ はゼロとなる。スイッチング素子Q1がオフすることにより、前記1次巻線13aに誘起電圧(●と逆方向)が発生すると同時に、前記2次巻線13bにも誘起電圧(●と逆方向)が発生し、整流ダイオード14を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス13に蓄積されたエネルギーが前記2次巻線13bを介して2次電流 $I_2$ として放出され、平滑コンデンサ15により平滑されて出力電圧 $V_o$ として出力端子18a、18bに供給される。また、前記1次巻線13aに誘起電圧(●と逆方向)が発生すると同時に、補助巻線13cにも誘起電圧(●と逆方向)が発生し、整流ダイオード23を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス13に蓄積されたエネルギーが前記補助巻線13cを介して電流 $I_3$ として放出され、平滑コンデンサ24により平滑されて、主制御部20及び副制御部40の電源として供給される。また、このときスイッチング素子Q2はオフ、ダイオード32は逆バイアスされているため、副スイッチ部30を介して電流 $I_3$ は流れない。また、補助巻線13dの誘起電圧(●と逆方向)は、ダイオード26を順バイアスする方向に電圧が印加されるため、トランス13に蓄積されたエネルギーが補助巻線13dを介して電流 $I_4$ として放出され、電荷用コンデンサ34を充電する。トランス13に蓄積されたエネルギーが放出されるにともない、2次電流 $I_2$ は減少し時刻 $t_1$ でゼロになると、前記1次巻線13a、2次巻線13b、補助巻線13c、補助巻線13dの誘起電圧はなくなる。

【0115】(3)期間 $t_1 - t_2$ 間の動作(Q1オフ、Q2オン)

トランス13に蓄積されたエネルギーが全て放出され、2次電流 $I_2$ 及び電流 $I_3$ は減少し時刻 $t_1$ でゼロになると、前記1次巻線13a、2次巻線13b、補助巻線13c、補助巻線13dの誘起電圧はなくなる。

【0116】時刻 $t_1$ で、主制御部20はオン信号を出力し、スイッチング素子Q2のゲート電圧 $V_{G2}$ を「L」とし、スイッチング素子Q2がオンする。スイッチング素子Q2がオンすると、電荷用コンデンサ34の両端電圧が前記補助巻線13cに印加され、電荷用コンデンサ34にたくわえられていた電荷が放出されるため、電荷用コンデンサ34から上記(2)と同方向に電流 $I_3$ が流れ、トランス13の2次巻線13bに誘起電圧(●)

の方向)が発生すると同時に、「1次巻線13a」にも誘起電圧(●の方向)が発生するため、スイッチング素子Q1の寄生容量12bにたまつた電荷を引き抜く(放電させる)方向に1次電流 $I_1$ が流れ、寄生容量12bの電荷が放出されるにともない、スイッチング素子Q1のドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ は低下しゼロになる。

【0117】(4)期間 $t_2 - t_3$ 間の動作(Q1オン、Q2オン)

前記時刻 $t_1$ で主制御部20から出力されたオン信号は、遅延部22により期間 $t_1 - t_2$ 間遅延されて、時刻 $t_2$ でスイッチング素子Q1のゲート電圧 $V_{G1}$ を「H」にし、スイッチング素子Q1はオンする。従って、スイッチング素子Q1は、ドレイン・ソース間電圧 $V_{DS}$ がゼロの時にオンするため、スイッチング素子Q1がオン時に寄生容量12bにたまつた電荷がショートされることによるスイッチング損失及びスイッチングノイズが解消される。

【0118】スイッチング素子Q1がオンし、トランス13の1次巻線13aに1次電流が流れ、トランス13の1次巻線13aに誘起電圧(●の方向)が発生すると同時に、2次巻線13bにも誘起電圧(●の方向)が発生する。

このときトランス13の2次巻線13bに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード14を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の2次巻線13b側2次電流 $I_2$ は流れない。また、このときトランス13の補助巻線13cに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード23を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の補助巻線13c側電流 $I_3$ は流れない。また、このときトランス13の補助巻線13dに誘起電圧(●の方向)が発生するが、整流ダイオード26を逆バイアスする方向に電圧が印加されるように構成されているため、トランス13の補助巻線13d側電流 $I_4$ は流れない。以後は上記(1)から(4)の動作を繰り返す。

【0119】図9のように構成されたスイッチング電源装置4の副制御部40、検出部60の動作は図5の実施例を示す回路図を用いて説明したものと同じであるため、ここでの説明は省略する。

【0120】

【発明の効果】本発明の請求項1記載のスイッチング電源装置によれば、入力電圧をオン・オフ制御する主スイッチング素子と、少なくとも1次巻線と2次巻線を備えたトランスと、トランスの1次巻線に該主スイッチング素子が接続され、トランスの2次巻線に整流平滑回路と、該整流平滑回路の出力が一定となるように該主スイッチング素子をオン・オフ制御する主制御部を備えたスイッチング電源装置において、副スイッチング素子とコンデンサとを含む副スイッチ部を有し、副スイッチング素子を制御して該副スイッチ部のコンデンサに蓄えられ

た電荷を該トランスを介して該主スイッチング素子に供給し、該主スイッチング素子の寄生容量の電荷を抜き取る動作を含むことを特徴とするものである。』

【0121】従って、主スイッチング素子がオン直前時に、オフ時に寄生容量にたまつた電荷が抜かれることにより、スイッチング損失及びスイッチングノイズを改善できる。

【0122】また、本発明の請求項2記載のスイッチング電源装置によれば、前記トランスの2次巻線には副スイッチ部と副制御部とが接続され、前記副スイッチ部はダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサとインダクタとが直列接続された回路が接続された構成からなり、該副制御部は前記主スイッチング素子がオン時に該副スイッチ部の該コンデンサに電荷を蓄え、主スイッチング素子がオンする迄の期間に、該トランシスを介して前記コンデンサの該電荷により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を抜き取るように動作させることを特徴とするものである。

【0123】従って、主スイッチング素子がオン直前時に、オフ時に寄生容量にたまつた電荷が抜かれることにより、スイッチング損失及びスイッチングノイズを改善できる。また、副スイッチング素子は従来と比べて小電流を開閉する小容量のスイッチング素子で構成されるため、スイッチング素子のゲート容量が減ることによりドライブ損失が減少し、かつコストも低減できる。

【0124】また、本発明の請求項3記載のスイッチング電源装置によれば、前記トランスは副制御用補助巻線を備え、前記副スイッチ部と前記副制御部が前記トランシスの該補助巻線にそれぞれ並列に接続され、前記副スイッチ部はダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサとインダクタとが直列接続された回路が接続された構成からなり、前記主スイッチング素子がオンする迄の期間に前記副スイッチ部のコンデンサに電荷を蓄え、前記主スイッチング素子のオフ時にトランシスに蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子をオンさせて前記コンデンサに蓄えられた電荷をトランシスの副制御用補助巻線に印加し、トランシスの1次巻線の誘起電圧により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を、前記主スイッチング素子がオンする迄の期間に、抜き取るように制御する副制御部と、を備えてなることを特徴とするものである。

【0125】従って、主スイッチング素子がオン時に寄生容量にたまつた電荷がショートされることによるスイッチング損失及びスイッチングノイズを改善できる。また、副スイッチング素子は従来と比べて小電流を開閉する小容量のスイッチング素子で構成されるため、スイッチング素子のゲート容量が減ることによりドライブ損失が減少し、かつコストも低減できる。

【0126】また、本発明の請求項4記載のスイッチング電源装置によれば、前記トランスは1次巻線と2次巻

線と充電用補助巻線とを備え、該充電用補助巻線には前記副スイッチ部のコンデンサと充電用ダイオードが接続され、前記トランスの2次巻線には前記副スイッチ部と前記副制御部がそれぞれ並列に接続され、前記副スイッチ部にはダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサが直列接続され、前記主スイッチング素子のオフ時に前記副スイッチ部のコンデンサに電荷を蓄え、トランシスに蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子をオンさせて前記コンデンサに蓄えられていた電荷をトランシスの2次巻線に印加し、トランシスの1次巻線の誘起電圧により前記主スイッチング素子の寄生容量の電荷を、主スイッチング素子がオンする迄の期間に、抜き取るように制御する副制御部と、を備えてなることを特徴とするものである。

【0127】従って、主スイッチング素子がオン直前時に、オフ時に寄生容量にたまつた電荷が抜かれることにより、スイッチング損失及びスイッチングノイズを改善できる。また、副スイッチング素子は従来と比べて小電流を開閉する小容量のスイッチング素子で構成されるため、スイッチング素子のゲート容量が減ることによりドライブ損失が減少し、かつコストも低減できる。また、前記トランスの2次側に前記副スイッチ部のコンデンサに電荷を蓄えるためのダイオード及び充電用の補助巻線とを備えているため、充電用の補助巻線の巻数比を変えることによりコンデンサの充電電圧をトランシスの1次巻線の誘起電圧により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を主スイッチング素子がオンする直前に抜き取るための任意の最適値に設定できる。

【0128】また、本発明の請求項5記載のスイッチング電源装置によれば、前記トランスは1次巻線と2次巻線と副制御用補助巻線と充電用補助巻線とを備え、該副制御用補助巻線には前記副スイッチ部と前記副制御部とがそれぞれ並列に接続され、該充電用補助巻線には前記副スイッチ部のコンデンサと充電用ダイオードとが接続され、前記副スイッチ部はダイオードと副スイッチング素子とが並列接続された回路にコンデンサとダイオードとが直列接続された回路が接続された構成からなり、前記主スイッチング素子のオフ時に前記副スイッチ部のコンデンサに電荷を蓄え、トランシスに蓄積された励磁エネルギーが放出された後、副スイッチング素子をオンさせて前記コンデンサに蓄えられた電荷をトランシスの制御用補助巻線に印加し、トランシスの1次巻線の誘起電圧により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を、主スイッチング素子がオンする迄の期間に、抜き取るように制御する副制御部と、を備えてなることを特徴とするものである。

【0129】従って、主スイッチング素子がオン直前時に、オフ時に寄生容量にたまつた電荷が抜かれることにより、スイッチング損失及びスイッチングノイズを改善できる。また、副スイッチング素子は従来と比べて小電流を開閉する小容量のスイッチング素子で構成されるた

め、スイッチング素子のゲート容量が減ることによりドライブ損失が減少し、かつコストも低減できる。また、前記トランスの1次側に前記副スイッチ部のコンデンサに電荷を蓄えるためのダイオード及び充電用の補助巻線とを備えているため、充電用の補助巻線の巻数比を変えることによりコンデンサの充電電圧をトランスの1次巻線の誘起電圧により主スイッチング素子の寄生容量の電荷を主スイッチング素子がオンする直前に抜き取るための任意の最適値に設定できる。

【0130】また、本発明の請求項6記載のスイッチング電源装置によれば、負荷電流を検出するための検出部を前記トランスの2次側出力部の整流平滑回路側に備え、前記副制御部は該負荷電流が少ない場合には副制御部の副スイッチング素子を常にオフ制御とすることを特徴とするものである。

【0131】従って、負荷電流が少ない場合の前記副スイッチング部のコンデンサの充放電による前記トランスの損失を改善できる。また、負荷電流が少ない場合、主スイッチング素子のオン期間が短くなり、副スイッチング部のコンデンサの充電電圧が下がるために、主スイッチング素子の寄生容量の電荷を充分に抜き取ることができなくなる問題を改善できる。

【0132】また、本発明の請求項7記載のスイッチング電源装置によれば、前記負荷電流を検出するための検出部はコンパレータを用いた回路で構成されてなることを特徴とするものである。

【0133】従って、前記負荷電流を検出するための検出部を、簡単な回路構成で実現でき、回路の省スペース化、低コスト化が図れる。

【0134】また、本発明の請求項8記載のスイッチング電源装置によれば、前記トランスの1次巻線と主スイッチング素子を介して流れる1次電流を検出するための検出部を該トランスの1次巻線側に備え、前記副制御部は該1次電流が少ない場合には副制御部の副スイッチング素子を常にオフ制御とすることを特徴とするものである。

【0135】従って、負荷電流が少ない場合の前記副スイッチング部のコンデンサの充放電による前記トランスの損失を改善できる。また、負荷電流が少ない場合、主スイッチング素子のオン期間が短くなり、副スイッチング部のコンデンサの充電電圧が下がるために、主スイッチング素子の寄生容量の電荷を充分に抜き取ことができなくなる問題を改善できる。

【0136】さらに、本発明の請求項9記載のスイッチング電源装置によれば、前記トランスの1次巻線と主スイッチング素子を介して流れる1次電流を検出するための検出部はコンパレータを用いた回路で構成されていることを特徴とするものである。

【0137】従って、前記1次電流を検出するための検出部を、簡単な回路構成で実現でき、回路の省スペース化、低コスト化が図れる。

化、低コスト化が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の詳細な回路図例である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の実施例を示す回路図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

【図7】本発明の第3の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図である。

【図8】本発明の第3の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

【図9】本発明の第4の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図である。

【図10】本発明の第4の実施の形態に係わるスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

【図11】従来例のスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図である。

【図12】従来例のスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

【図13】他の従来例のスイッチング電源装置の概略的構成を示すブロック回路図である。

【図14】他の従来例のスイッチング電源装置の動作波形を示す説明図である。

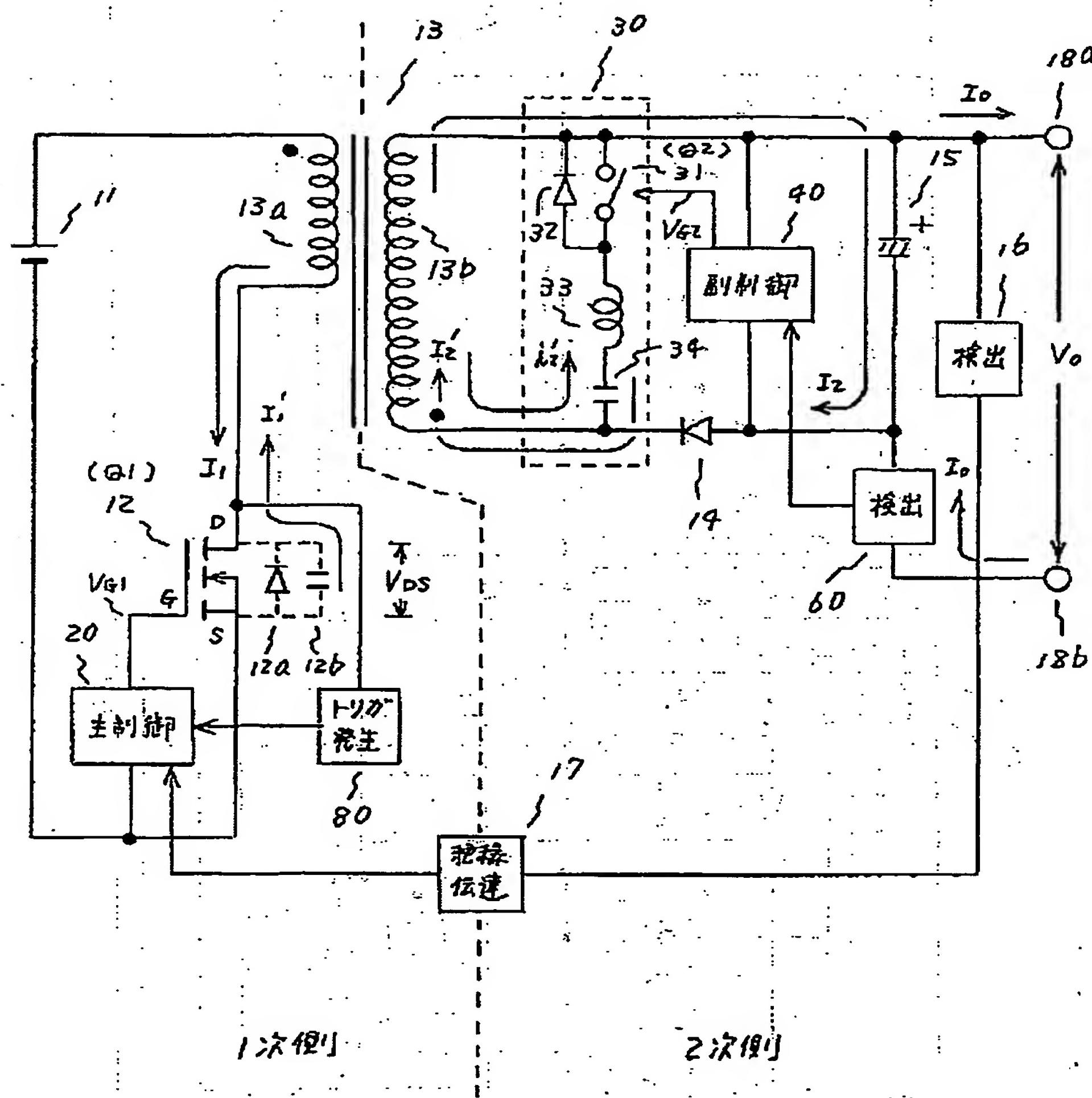
#### 【符号の説明】

- |      |                |
|------|----------------|
| 1    | スイッチング電源装置     |
| 1.1  | 直流電源           |
| 1.2  | 主スイッチング素子 (Q1) |
| 1.3  | トランス           |
| 1.3a | トランスの1次巻線      |
| 1.3b | トランスの2次巻線      |
| 1.3c | トランスの副制御用補助巻線  |
| 1.3d | トランスの充電用補助巻線   |
| 1.4  | 整流ダイオード        |
| 1.5  | 平滑コンデンサ        |
| 1.6  | 検出部            |
| 1.7  | 絶縁伝達部          |
| 1.8  | 出力端子           |
| 2.0  | 主制御部           |
| 2.2  | 遅延部            |
| 2.6  | ダイオード          |
| 3.0  | 副スイッチ部         |
| 3.1  | 副スイッチング素子 (Q2) |
| 3.2  | ダイオード          |

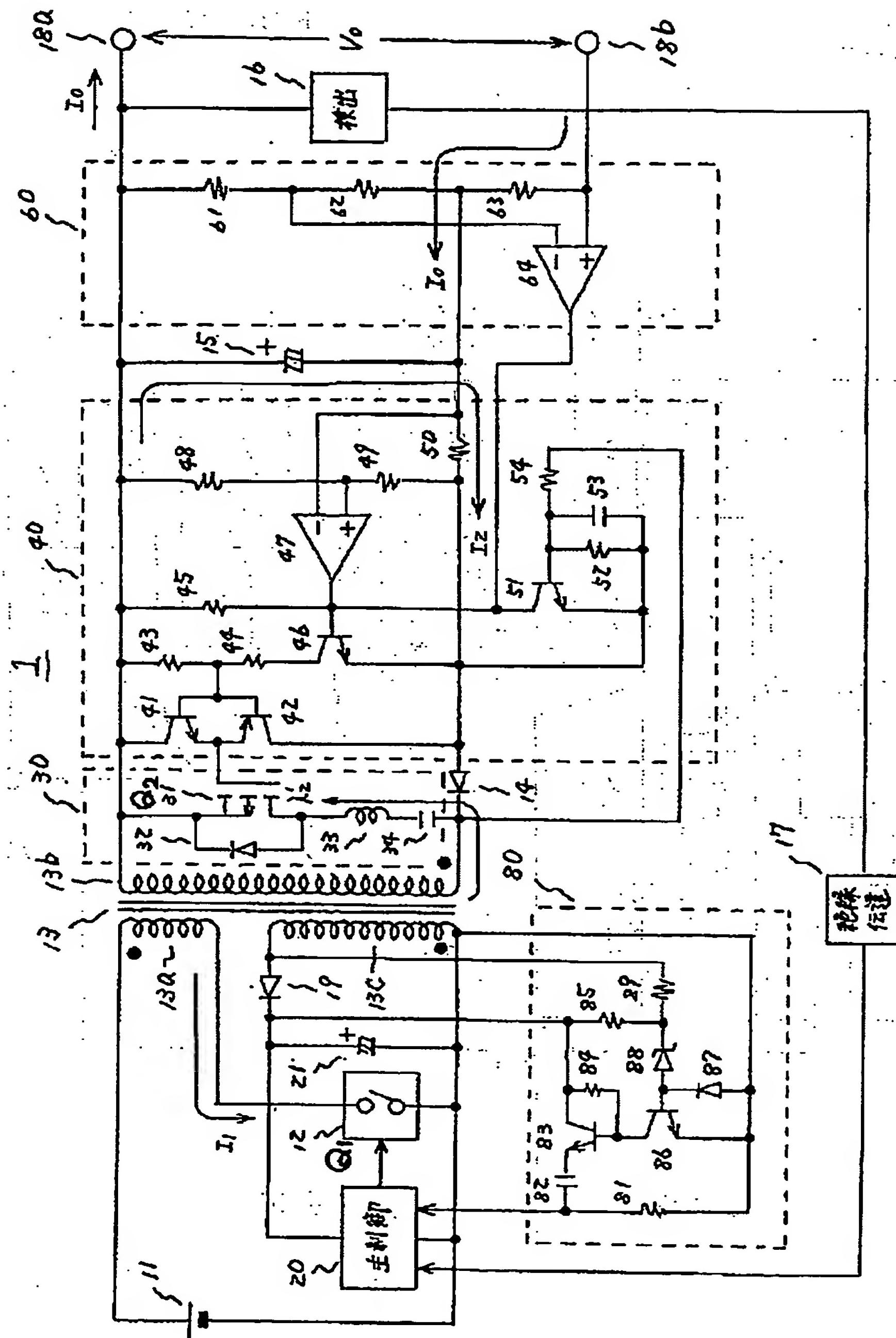
- 33 インダクタ  
 34 電荷用コンデンサ  
 35 ダイオード  
 40 副制御部  
 47 コンパレータ

- 60 検出部  
 64 コンパレータ（コンパレータ回路）  
 68 コンパレータ（コンパレータ回路）  
 80 トリガ信号発生部

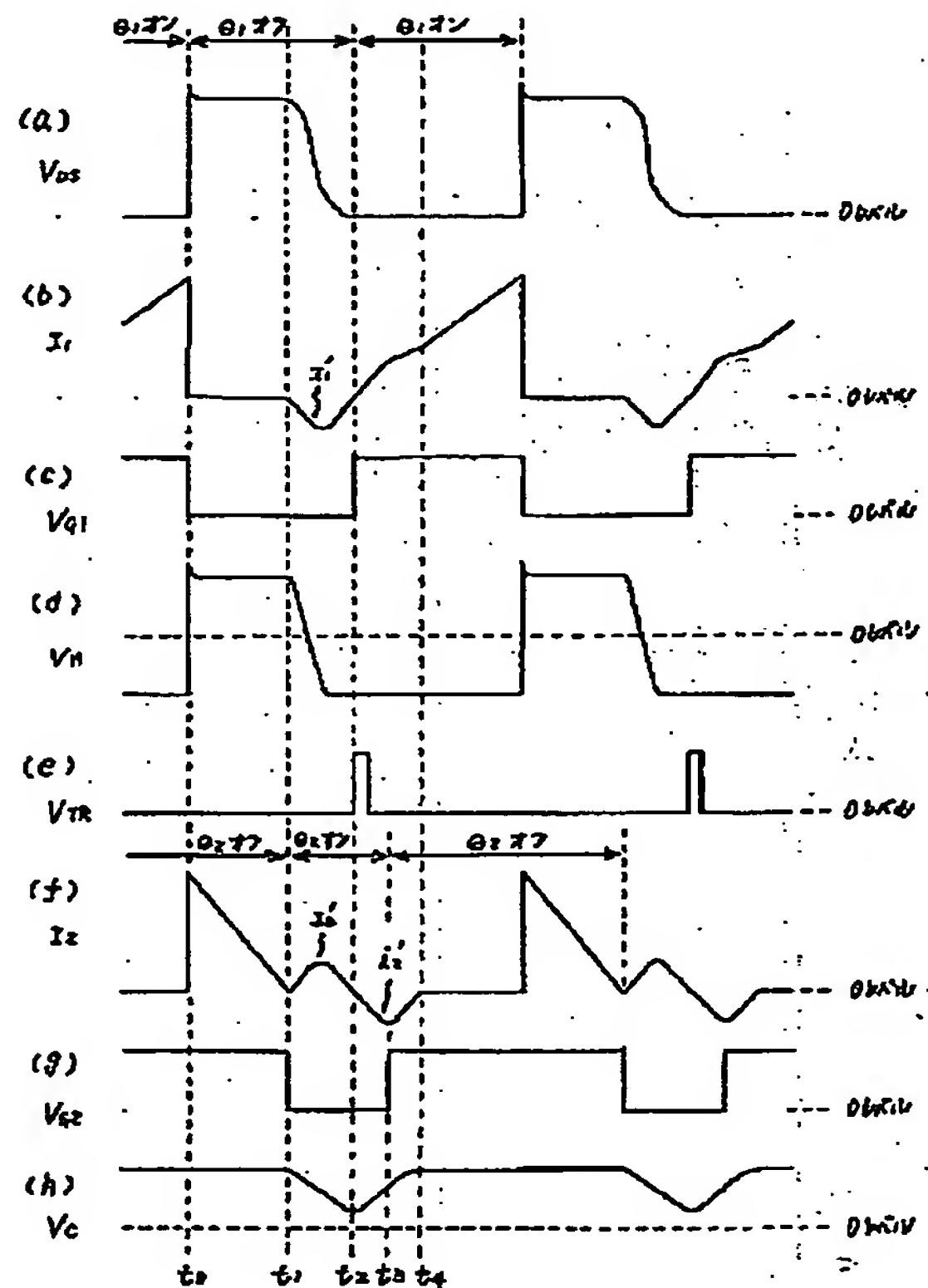
【図1】



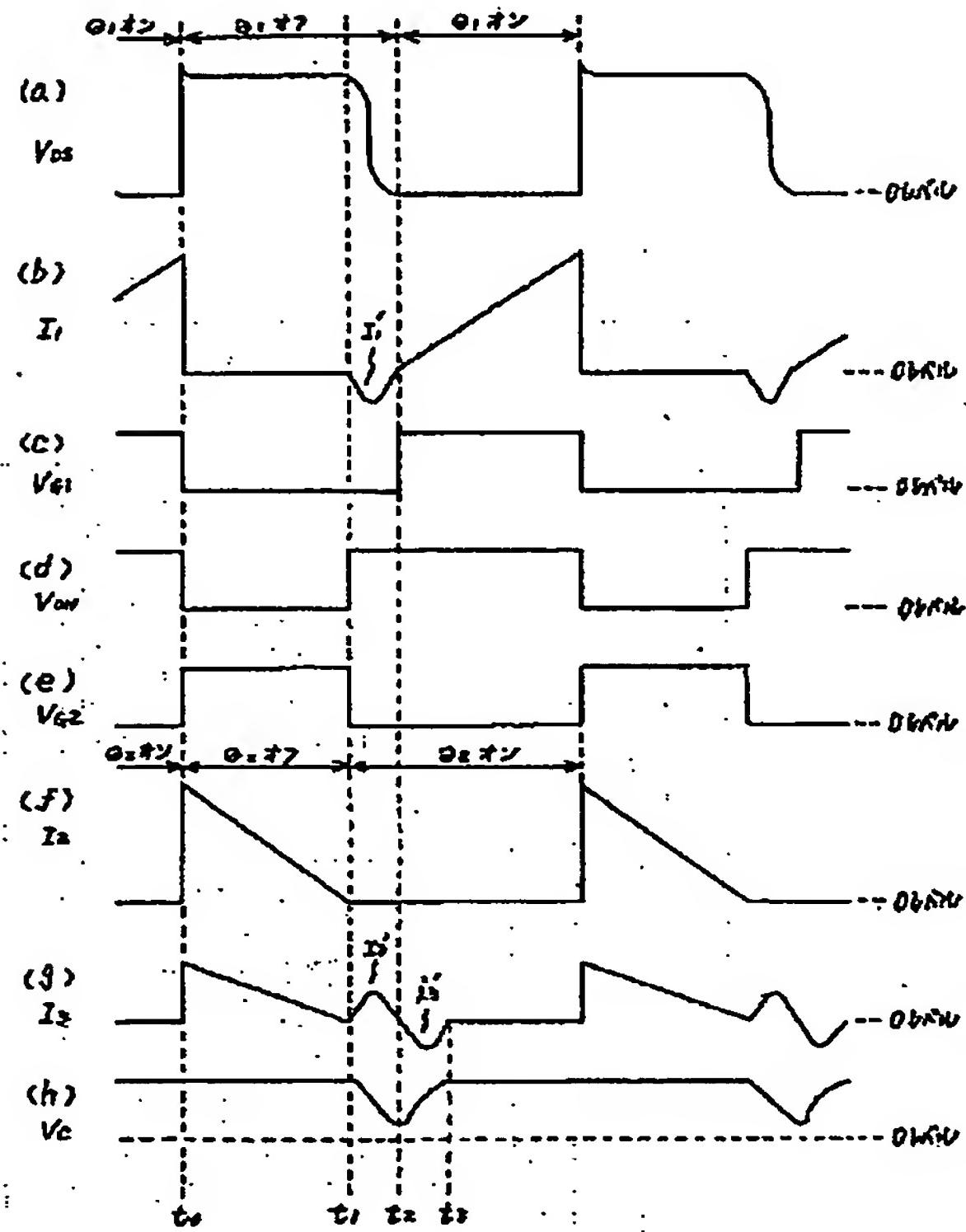
【図2】



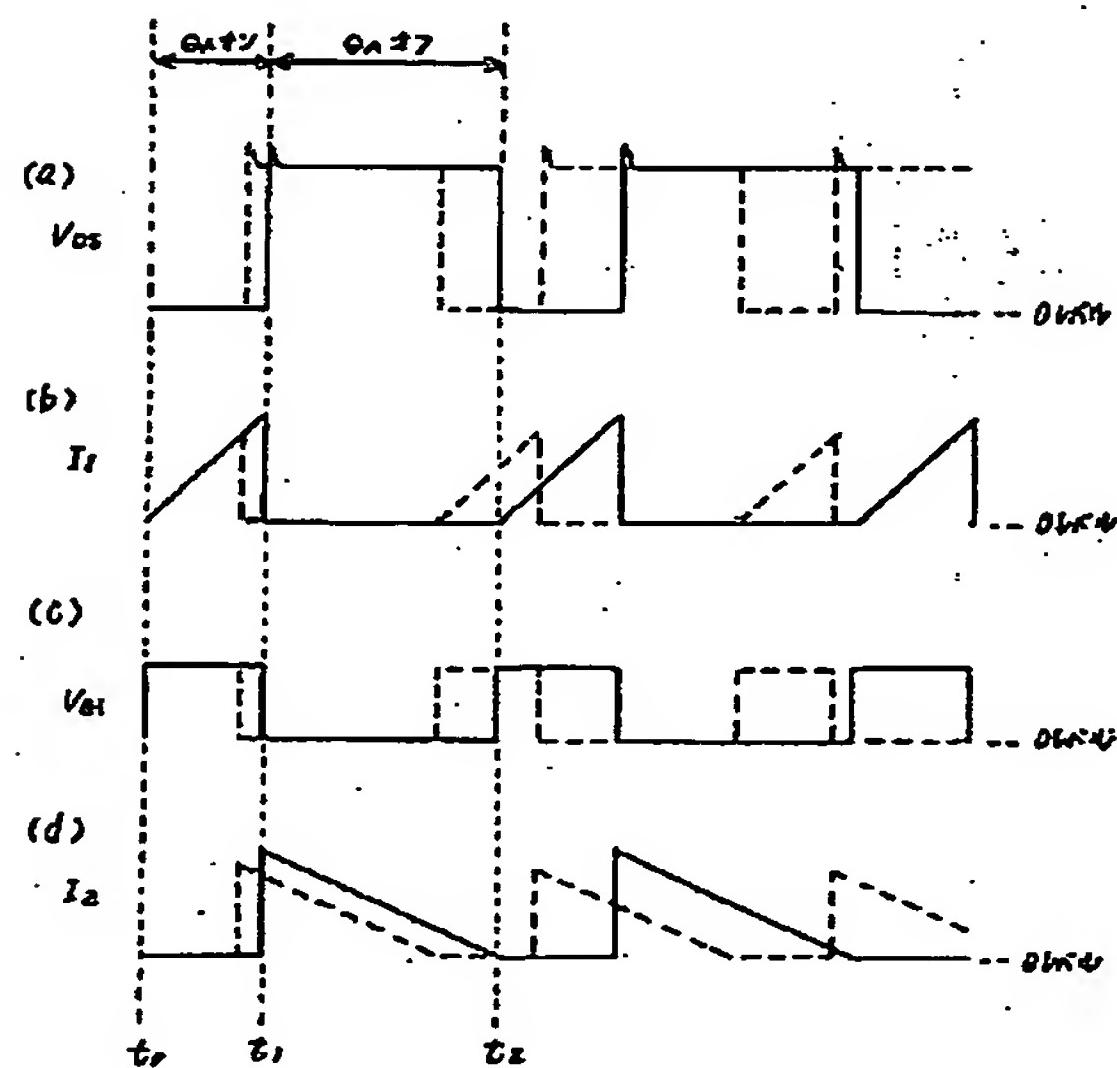
【図3】



【図6】

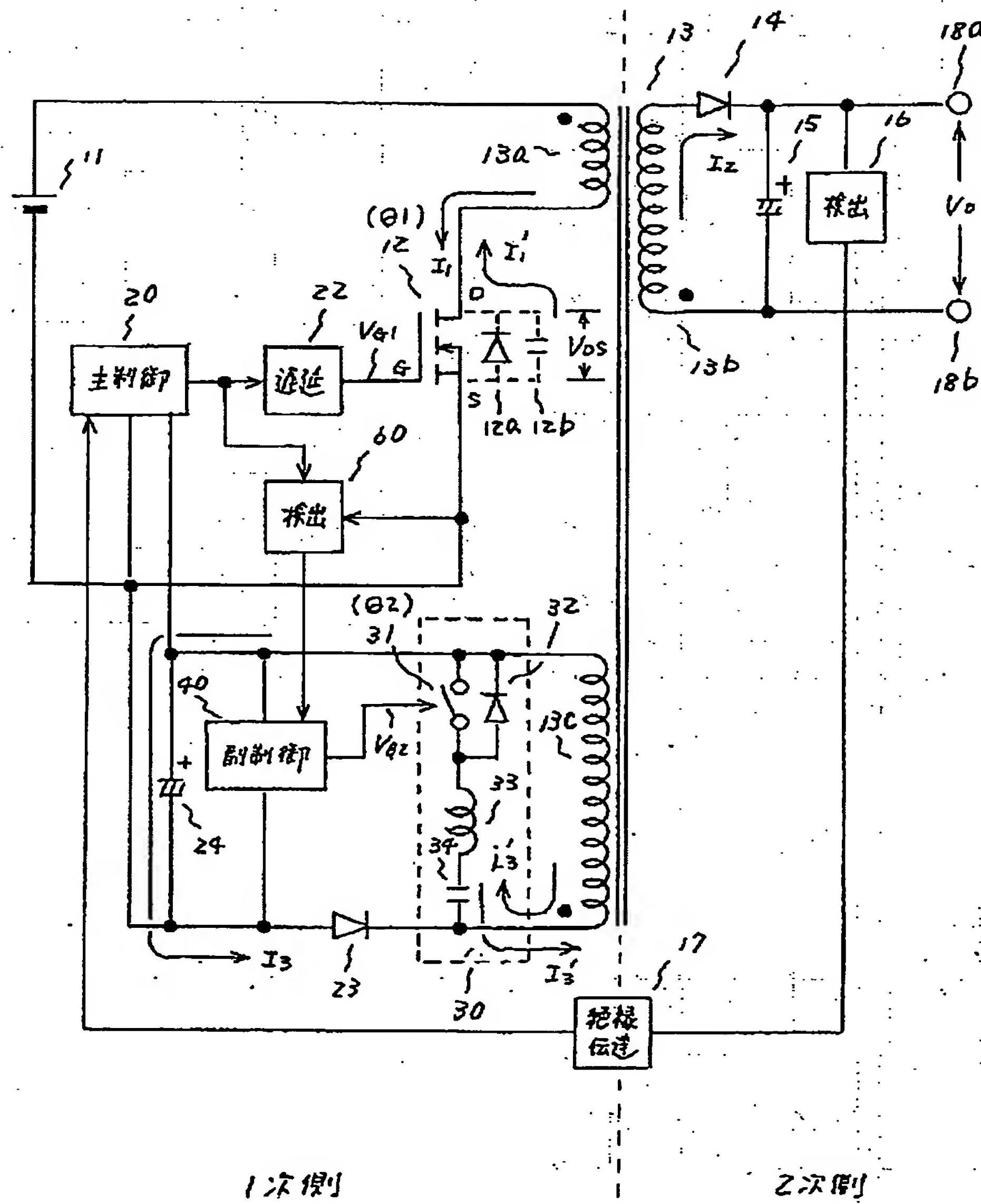


【図12】

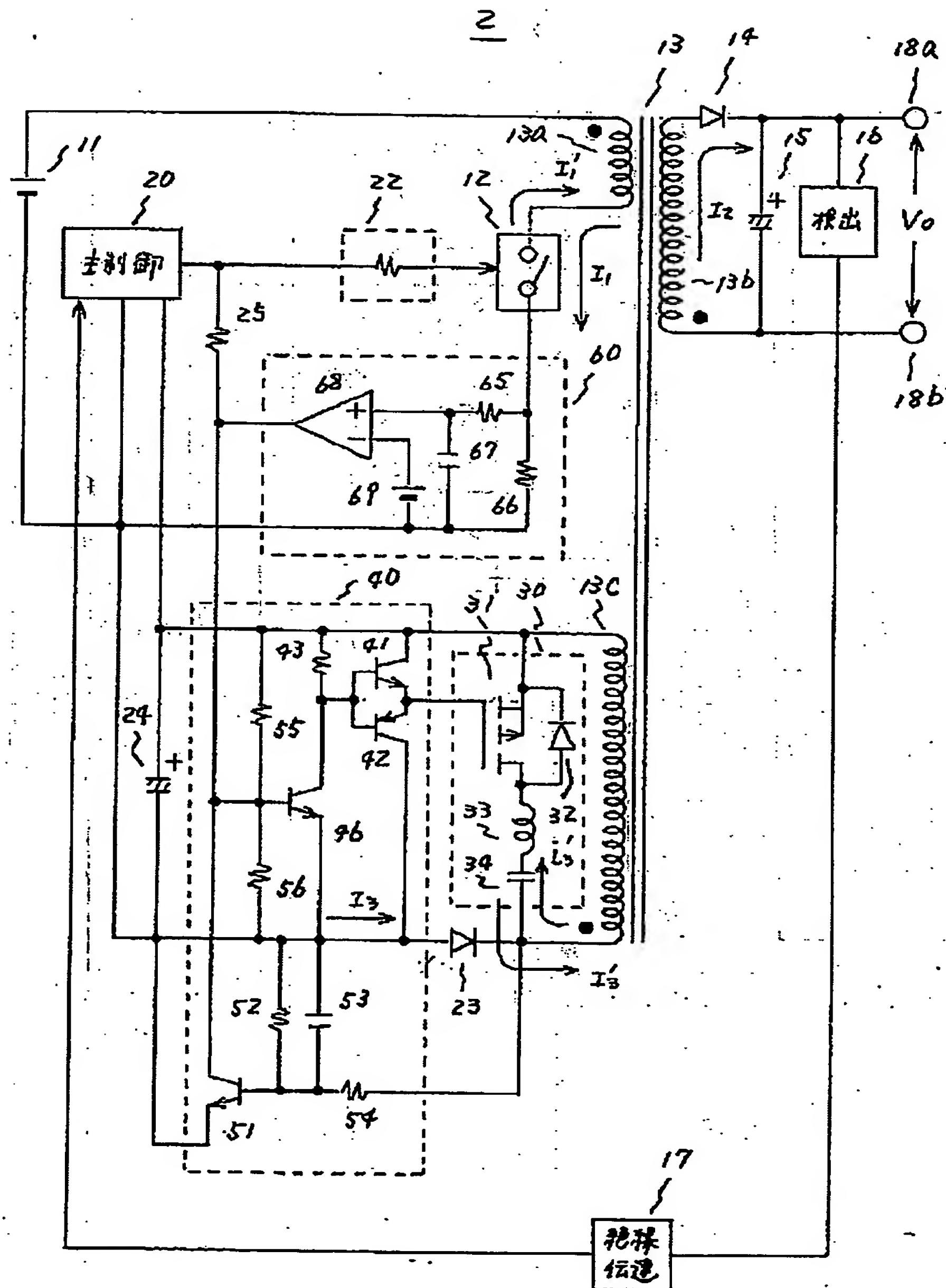


[図4]

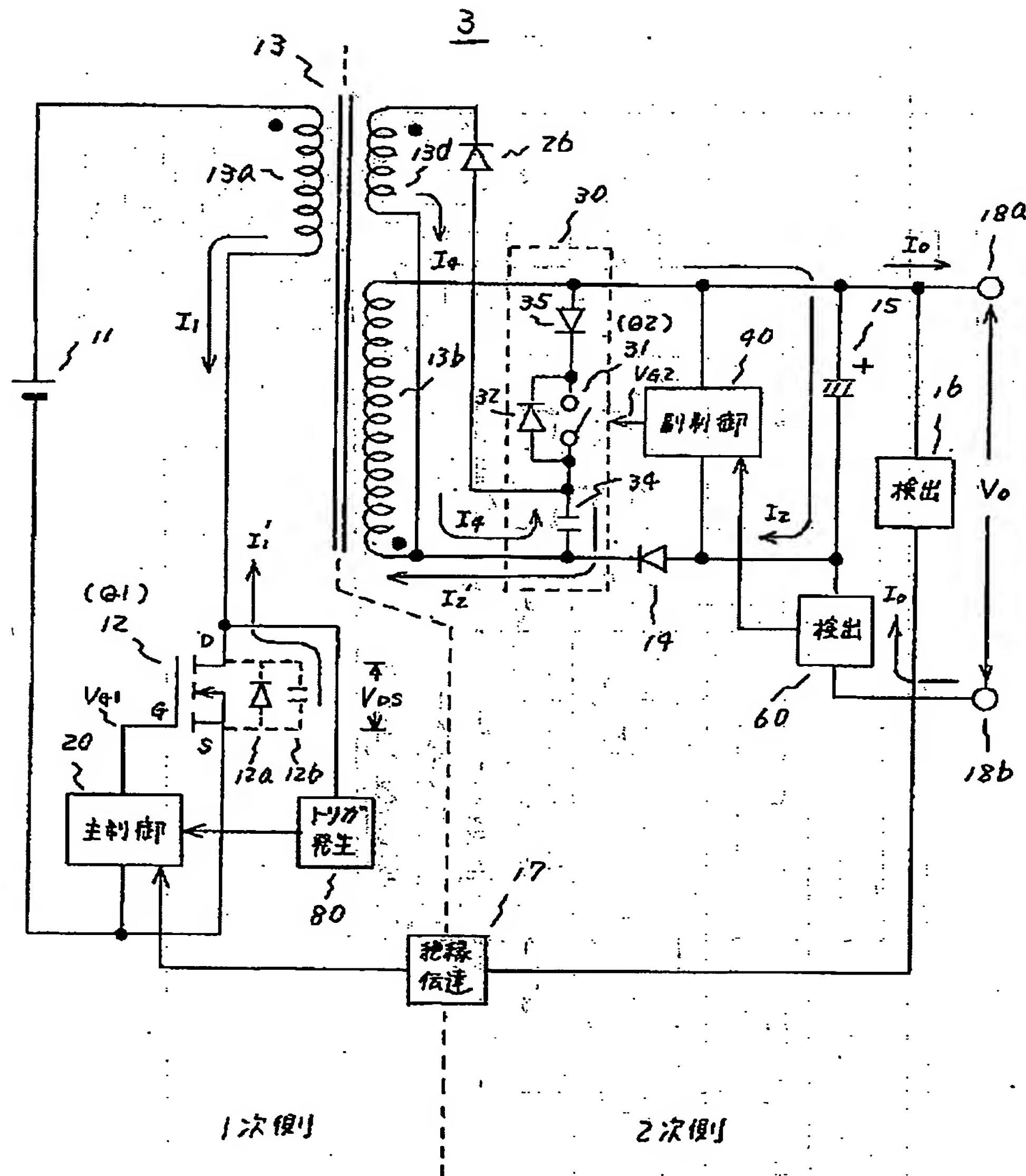
2



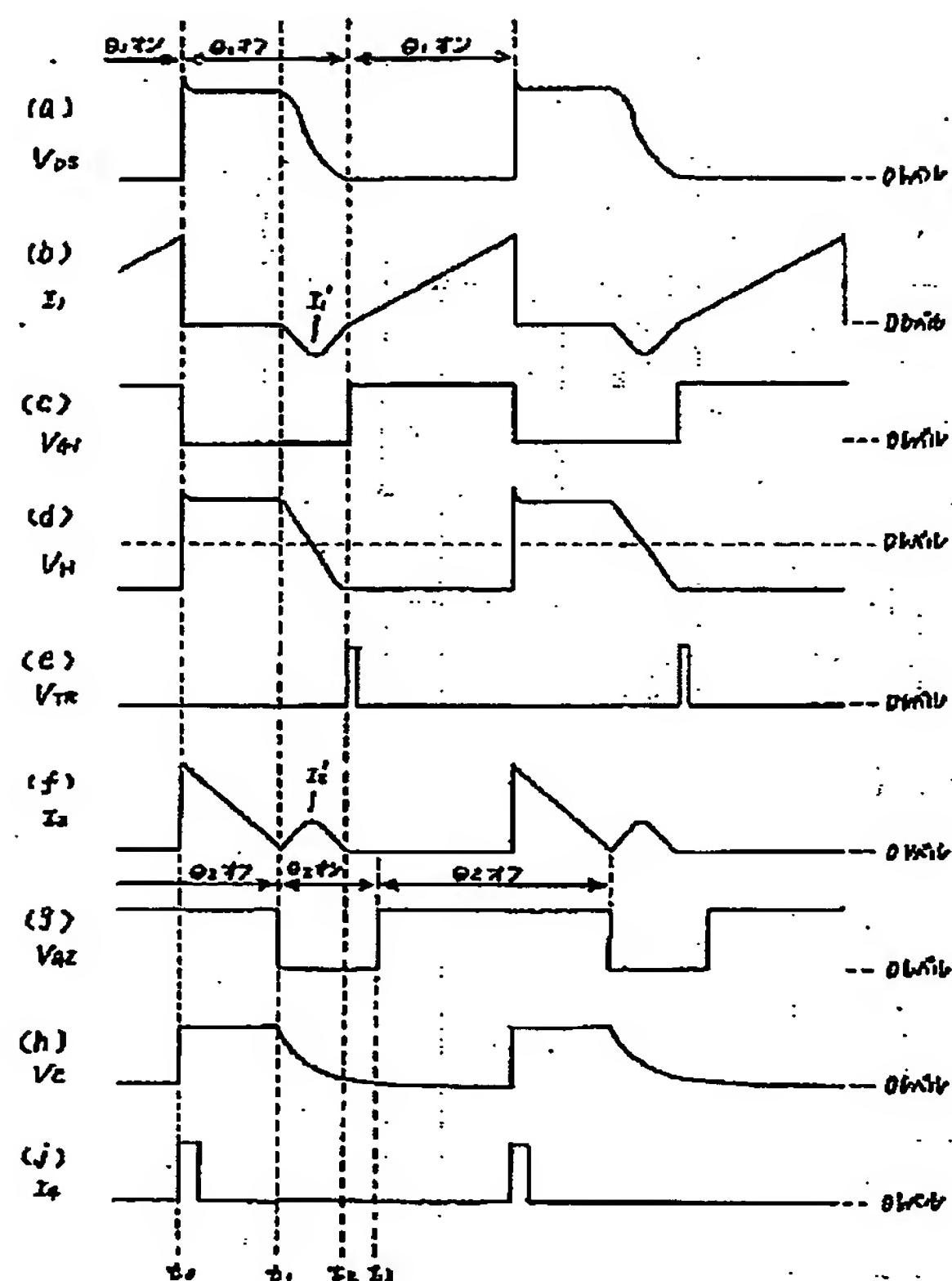
[図5]



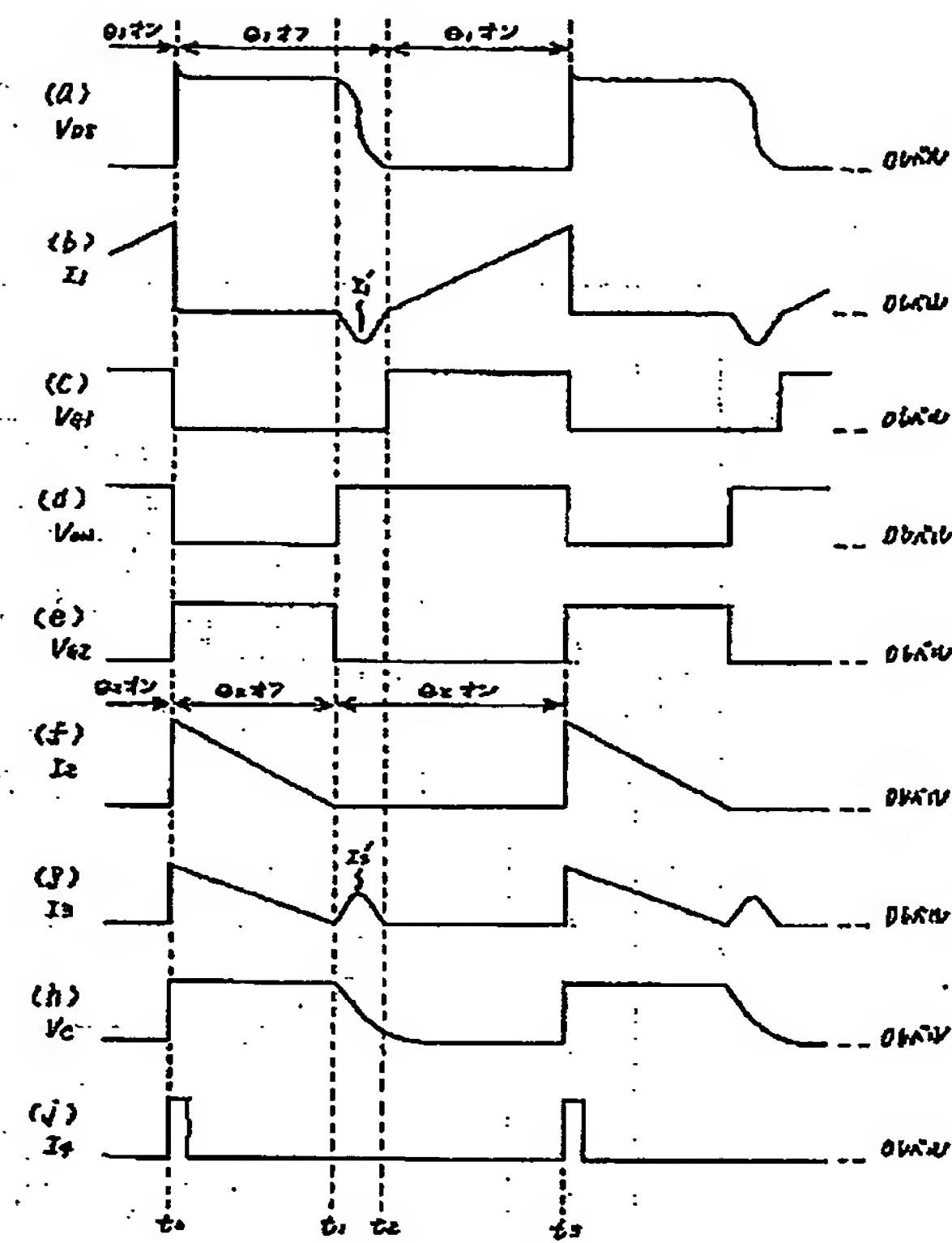
〔図7〕



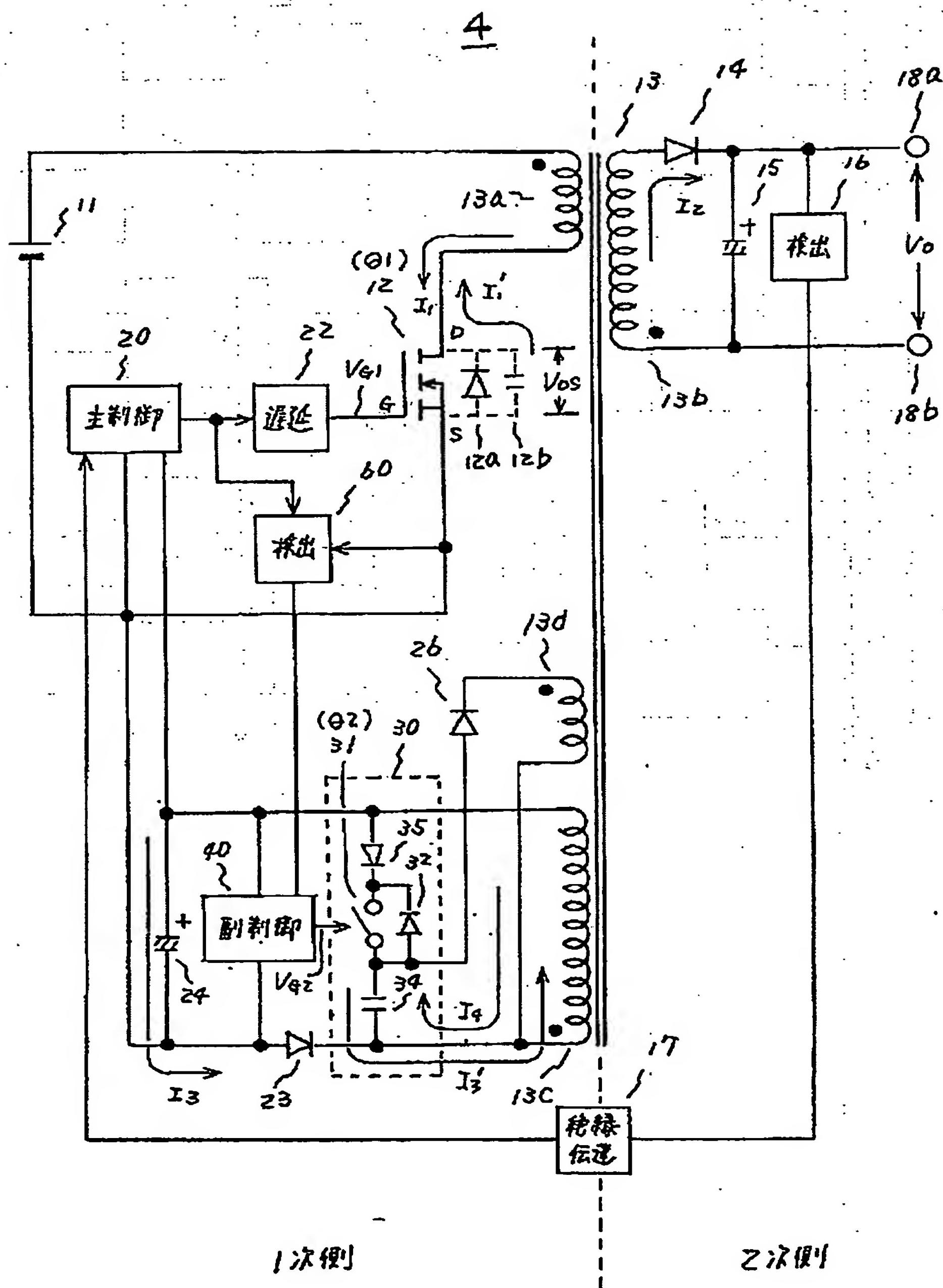
【図8】



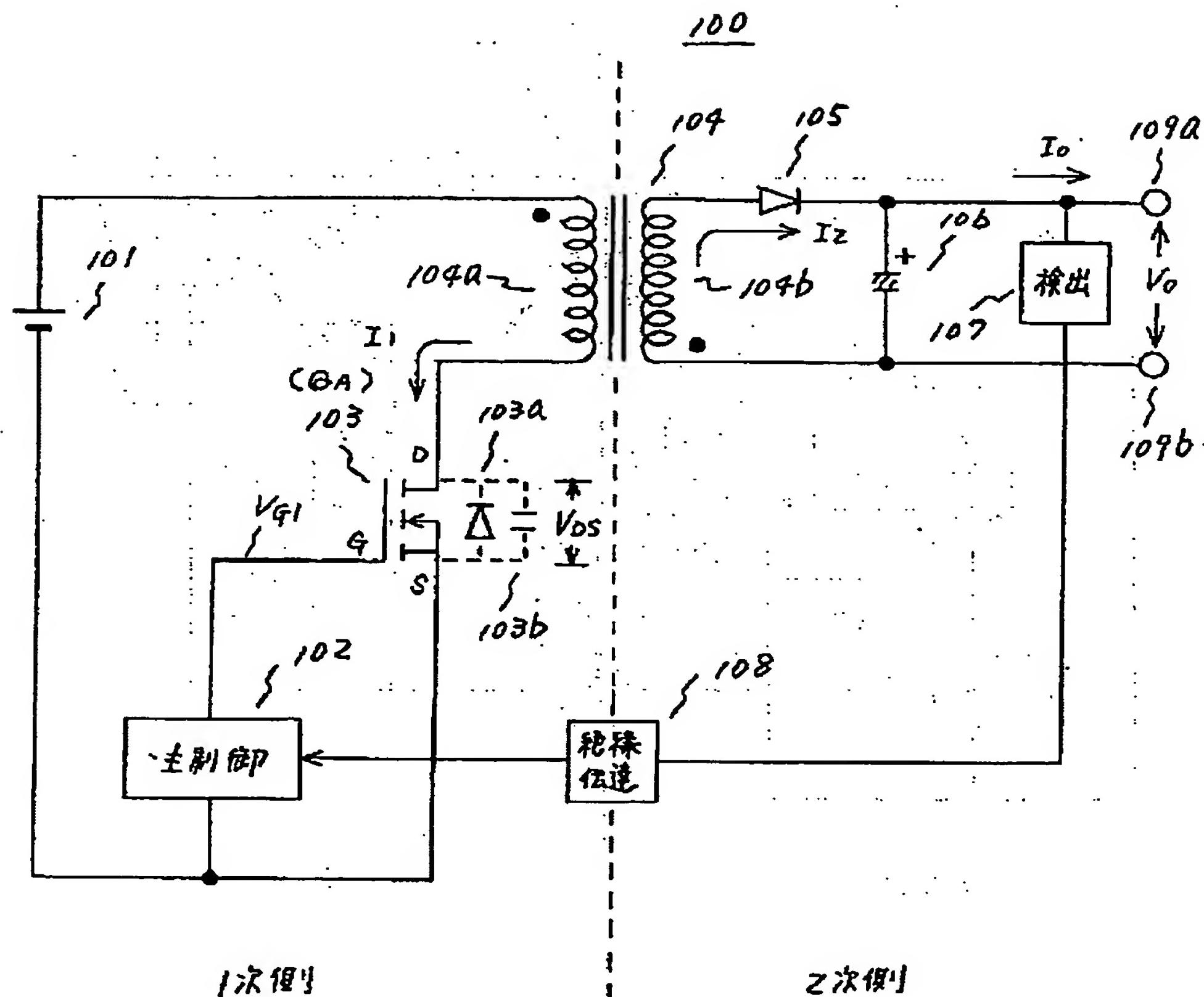
【図10】



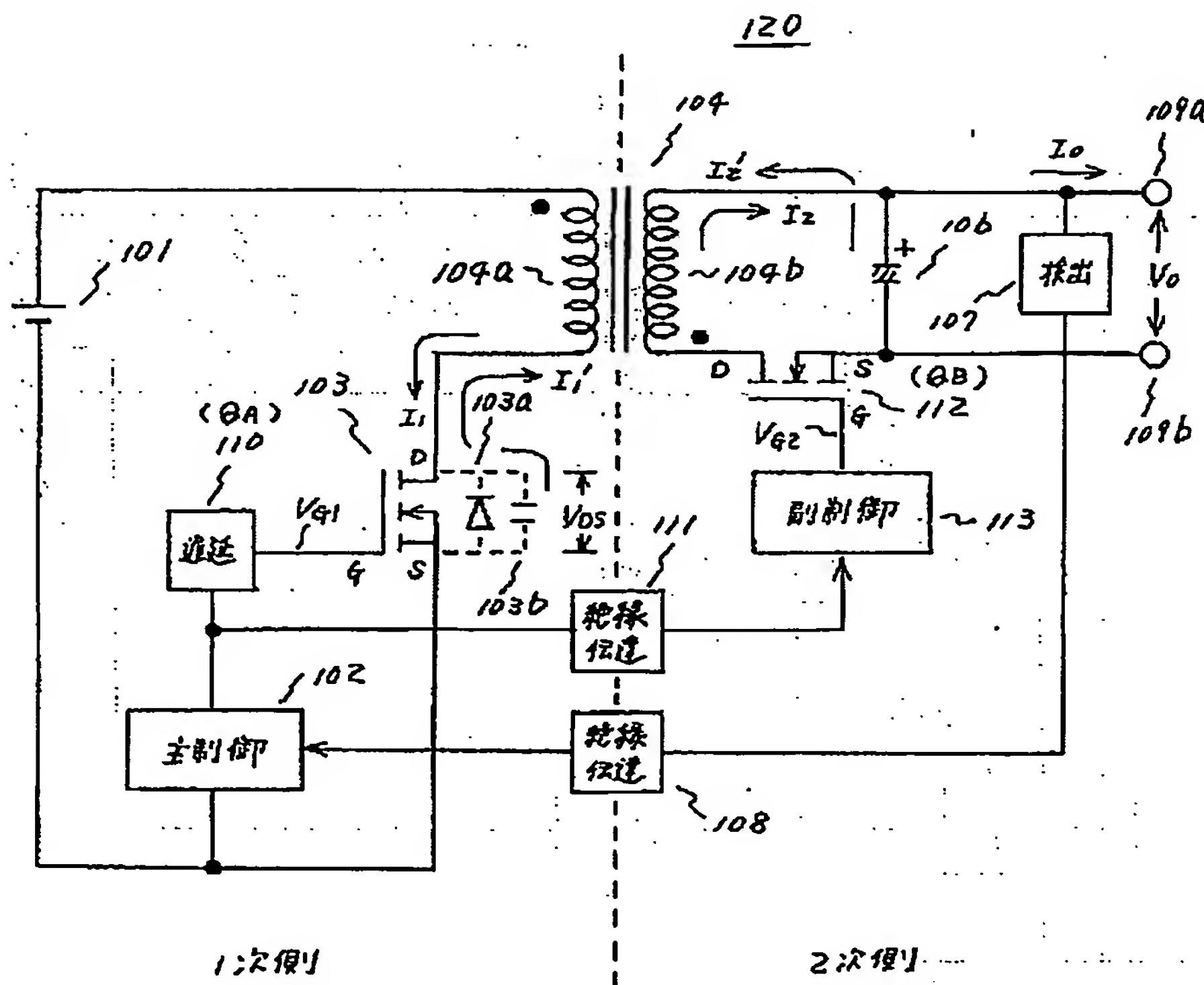
[图9]



【図11】



【図13】



【図14】

